



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA
CENTRO DE INVESTIGACIONES SOCIOECONÓMICAS
MAESTRÍA EN ECONOMÍA REGIONAL

TESIS

“Impacto económico del tratamiento y reciclado del agua dentro de la rama Metal-Mecánica en la zona metropolitana de Saltillo, 2004-2024”

que se presenta como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Economía Regional

ILEANA VANESSA RODRÍGUEZ VÁZQUEZ

Comité Evaluador:

Director: Dr. David Castro Lugo.

Co-Director: Dr. Gilberto Aboites Manrique.

Lector: Dr. Gustavo Félix Verduzco.

Saltillo, Coahuila

Diciembre de 2010

A mis grandes amores: David,

*Dante y Darío: por ser los motores
que impulsan mi vida, pero sobre todo
por nunca dejar de creer. Los Amo.*

A mis padres: María y Baldemar:

por su apoyo en este viaje

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación es resultado del apoyo y colaboración de muchas personas, así como del apoyo de mis directores de tesis: David Castro Lugo y Gilberto Aboites Manrique, y de todos mis maestros dentro del Centro de Investigaciones Socioeconómicas.

Lo dedico a mis padres: María Antonia y Baldemar; por haber inculcado en mi el deseo de aprender, por su apoyo dentro de esta aventura nueva para mi, por las noches en vela que pasaron cuidando a mis más preciados tesoros, mientras yo estudiaba para algún examen y sobre todo por la confianza que depositaron en mi.

A mis hermanos: José Baldemar, Marina, Aldo Elí y Saúl Eliu, por estar ahí apoyándome en las flaquezas, sobre todo cuando quería tirar la toalla.

A mis sobrinos: Alexis, Alexander y Michelle, por hacer mi vida más rica con sus risas.

A mis amigos y compañeros de maestría, por el apoyo brindado en esta etapa, sobre todo a los “Chihuahua” por practicar operación rescate conmigo en el momento justo, gracias.

Pero de manera especial este trabajo está dedicado a mis tres grandes amores: David, Dante David y Darío Alejandro; por acompañarme en esta cruzada

por demás heroica (por la falta de bases matemáticas); gracias David por tu amor incondicional; por estar ahí para mí; por creer en mí; por ser tu, gracias Dante y Darío; por existir; por hacer mi vida mágica, con cada respiro que dan; por ser el motor que me impulsa a seguir adelante; por sus mágicos momentos que levantan el ánimo en los momentos más difíciles con una simple sonrisa; por su amor infinito; pero sobre todo por esas horas sacrificadas por mí. Gracias amores míos.

A mis Asesores Dr. David Castro y Dr. Gilberto Aboites Manrique: por la paciencia que me tuvieron, por apostar por mí, trabajar conmigo y orientarme en la elaboración de este documento.

Un agradecimiento especial a la Comisión Nacional de Agua, por el apoyo para la realización de la presente investigación, ya que sin la información que me proporcionaron no hubiese sido posible la realización de esta.

Agradezco mucho la oportunidad que el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y el Centro de Investigaciones SocioEconómicas (CISE) me brindaron para poder realizar los estudios de maestría.

Índice

INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO 1.ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LOS RECURSOS NATURALES Y LA ECONOMÍA	24
1.1 El medio ambiente y la teoría económica	25
1.2 Tipología del pensamiento ambientalista.....	33
1.3 Escuelas económicas que abordan los recursos naturales.....	36
1.4 La tesis de los límites físicos y la propuesta del crecimiento cero.....	38
1.4.1 Los recursos naturales como limitación al crecimiento económico	38
1.5 Teorías de localización industrial	40
1.5.1 Teorías tradicionales de localización industrial.....	40
1.5.2 Teorías modernas	46
1.6 Estudios sobre impacto económico del agua.....	54
1.6.1 Estudios en el Mundo acerca del impacto del agua dentro de la economía	55
1.6.2 Estudios en América Latina y México	57
Conclusiones	59
CAPÍTULO 2 MARCO DESCRIPTIVO Y ANTECEDENTES	61
2.1 El agua en México.....	61
2.1.1 Situación geográfica y socioeconómica de México.....	62
2.1.2 Usos del agua en México.....	67
2.1.3 Disponibilidad de agua en México	68
2.1.4 Grado de presión sobre el recurso hídrico	75
2.1.5 Escenarios futuros.....	76
2.2 Programa de tratamiento y reciclado de agua residual	82

2.2.1	Descarga de agua residual.....	83
2.2.2	Tratamiento de aguas residuales	84
2.2.3	Reúso del agua residual	90
Conclusiones.....		91
CAPÍTULO 3 MARCO LEGISLATIVO-AMBIENTAL MEXICANO EN TORNO AL AGUA.....		94
3.1	Antecedentes de la Política Ambiental Mexicana.....	94
3.2	Legislación ambiental vigente en México.....	98
3.2.1	Principios Constitucionales de la legislación ambiental.....	98
3.2.2	Legislación Federal en materia ambiental enfocada al agua.....	99
3.2.3	Legislación Estatal en materia ambiental sobre el Agua	102
3.2.4	Ordenamientos municipales en materia ambiental (Saltillo)	103
Conclusiones.....		103
CAPÍTULO 4 SITUACIÓN Y RELEVANCIA DE LA METAL-MECÁNICA.....		106
4.1	La industria Metal-Mecánica.....	106
4.2	La industria Metal-Mecánica en México	109
4.3	La industria Metal-Mecánica en Coahuila	114
4.4	La industria Metal-Mecánica en la Zona Metropolitana de Saltillo.....	122
Conclusiones.....		125
CAPÍTULO 5 MÉTODOS DE VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS RECURSOS NATURALES.....		127
5.1	Introducción.....	127
5.2	La necesidad de valoración económica de los recursos naturales.....	128
5.3	Valor económico.....	129
5.4	Métodos de valoración económica de los recursos naturales	131

5.4.1	Métodos de valoración directa	132
5.4.2	Métodos de valoración indirecta.....	134
5.4.3	Análisis Costo-Beneficio	135
Conclusiones.....		138
CAPÍTULO 6 METODOLOGÍA		139
6.1	Análisis Costo-Beneficio	139
6.1.1	Valor Actual Neto.....	143
6.1.2	Tasa Interna de Retorno.....	145
6.1.3	Periodo de Recuperación	146
6.1.4	Relación Beneficio/Costo	146
6.2	Datos.....	147
CAPÍTULO 7 CASO DE ESTUDIO.....		150
7.1	Antecedentes.....	151
7.1.1	Antecedentes de la Metal-Mecánica en la Zona Metropolitana de Saltillo	152
7.1.2	Antecedentes Hidrológicos de la Zona Metropolitana de Saltillo	156
7.2	Estudio Técnico	171
7.2.1	Situación actual.....	172
7.2.2	Localización	172
7.2.3	Consumo de agua para los procesos productivos de la industria Metal-Mecánica en la Zona Metropolitana de Saltillo	175
7.2.4	Tratamiento y Reciclado de agua por la industria Metal-Mecánica en la Zona Metropolitana de Saltillo	180
7.2.5	Demanda real de agua por parte de la Metal-Mecánica en la Zona Metropolitana de Saltillo.....	186
7.2.6	Adecuaciones en la infraestructura.....	189

7.2.7	Equipamiento	189
7.2.8	Consumos de agua estimados con la implementación del Tratamiento y Reciclado de agua	189
7.3	Análisis Económico.....	191
7.3.1	Costos de operación sin implementación del proyecto	193
7.3.2	Costos de operación con la implementación del proyecto	205
7.3.3	Presupuesto de la inversión	214
7.3.2	Estimación de Beneficios.....	218
CAPÍTULO 8 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DEL TRATAMIENTO Y RECICLADO DEL AGUA PARA LA METAL-MECÁNICA EN LA ZONA METROPOLITANA DE SALTILLO.....		220
8.1	Criterios de Evaluación.....	221
8.2	Evaluación mediante el criterio de Valor Actual Neto.....	222
8.2.1	Primera alternativa: No implementar el Tratamiento y Reciclado de agua	224
8.1.2	Segunda alternativa: Implementación de tratamiento y reciclado de agua industrial ...	228
8.3	Evaluación mediante el criterio de Periodo de Recuperación	232
8.4	Evaluación mediante la Tasa Interna de Retorno.....	237
8.5	Evaluación mediante el Relación Beneficio/costo	237
8.5.1	Análisis Beneficio/Costo tomado en consideración disposiciones fiscales	238
8.5.2	Análisis Beneficio/Costo sin considerar disposiciones fiscales	242
8.6	Interpretación de Resultados	243
8.6.1	Interpretación de la evaluación a través del Valor Actual Neto.....	243
8.6.2	Interpretación mediante el Periodo de Recuperación.....	245
8.6.3	Interpretación de la Tasa Interna de Retorno	246
8.6.4	Interpretación Relación Beneficio/Costo.....	246

8.6.5	Análisis Social de Costo-Beneficio	247
CAPÍTULO 9	CONCLUSIONES.....	251
Referencias Bibliográficas		255
ANEXOS.....		272

Índice de Figuras

Figura 1 Posición geográfica por entidad federativa en México	62
Figura 2 Regiones Hidrológico-Administrativas y sus sedes.....	64
Figura 3 Regiones hidrológicas de México.....	65
Figura 4 Componentes del ciclo hidrológico de México	69
Figura 5 Contraste entre el desarrollo y la disponibilidad de agua en México 2008	71
Figura 6 Acuíferos cuya disponibilidad fue publicada en el Diario Oficial de la Federación hasta el 31 de diciembre de 2009	73
Figura 7 Acuíferos sobreexplotados por Región Hidrológico-Administrativa, 2008.....	74
Figura 8 Grado de presión sobre el recurso hídrico por Región Hidrológico-Administrativa, 2008	76
Figura 9 Agua renovable <i>per cápita</i> por región Hidrológico-Administrativa, 2030	80
Figura 10 Pasos esenciales para la elaboración del Análisis Costo-Beneficio	141
Figura 11 Ubicación de la zona de estudio.....	154
Figura 12 Localización del acuífero Cañón del Derramadero.....	159
Figura 13 Localización del acuífero General Cepeda Saucedá, Coah.....	163
Figura 14 Ubicación de los diversos parques industriales dentro del municipio de Saltillo, Coahuila	173
Figura 15 Ubicación de los parques industriales localizados en el municipio de Ramos Arizpe	174
Figura 16 Planta Tratadora de Agua Residual para tratamiento primario y secundario	216

Índice de Gráficas

Gráfica 1 Distribución porcentual de los diversos usos del agua en México, 2010	68
Gráfica 2 Variación y Tasas Medias de Crecimiento Anual de la disponibilidad natural media <i>per cápita</i> del agua, de 1950 a 2005 (m ³ /hab/año).....	70
Gráfica 3 Proyección de crecimiento de la población en México y Coahuila, 2010 a 2030	79
Gráfica 4 Proyección de crecimiento de la población urbana y rural en México, 2010 a 2030	79
Gráfica 5 Caudal de aguas residuales municipales tratadas, 1996 a 2008.	85
Gráfica 6 Principales procesos de tratamiento de aguas residuales municipales, por caudal tratado, 2008	87
Gráfica 7 Caudal de aguas residuales industriales tratadas, 1999 a 2008.	88
Gráfica 8 Participación porcentual del Producto Interno Bruto Nacional por gran división de actividad económica, 2006	110
Gráfica 9 Tasas medias de crecimiento anual 2003-2005 y 2005-2008 para el PIB, manufactura y Metal-Mecánica	113
Gráfica 10 Evolución de la participación porcentual del PIB de Coahuila, por actividad económica, 2003-2008.....	116

Índice de Tablas

Tabla 1 Escuelas de Economía Ambiental	37
Tabla 2 Fuerzas de aglomeración y dispersión económica	47
Tabla 3 Factores de Localización tradicionales	54
Tabla 4 Características Socioeconómicas de México.....	63
Tabla 5 Características de las regiones hidrológicas.....	66
Tabla 6 Acuíferos del país, por Región Hidrológico-Administrativa, 2008	74
Tabla 7 Grado de presión sobre el agua, por Región Hidrológico-Administrativa, 2008.....	75
Tabla 8 Población proyectada por entidad federativa al año 2030.....	77
Tabla 9 Población proyectada para México 2010-2050.....	78
Tabla 10 Tasas Medias de Crecimiento Anual de la población, México y Coahuila, 2010-2030. ...	78
Tabla 11 Población urbana y rural 2010-2030 (millones de habitantes)	80
Tabla 12 Agua renovable <i>per cápita</i> por Región Hidrológico-Administrativa, 2010 y 2030	81
Tabla 13 Descarga de aguas residuales municipales y no municipales, 2008	84
Tabla 14 Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación, por Región Hidrológico-Administrativa, 2008	85
Tabla 15 Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación por Entidad Federativa, 2008.....	86
Tabla 16 Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales en operación por Entidad Federativa, 2008.....	89
Tabla 17 Participación porcentual de actividades económicas dentro del PIB México 2003-2008, a precios de 2003.	111
Tabla 18 Participación porcentual del PIB manufacturero México 2003-2008.....	112
Tabla 19 Tasas medias de crecimiento anual para el PIB, Manufactura y Metal-Mecánica, 2003-2005 y 2005-2008	113
Tabla 20 Estructura del PIB Coahuila, 2008	114
Tabla 21 Producto Interno Bruto Manufacturero de Coahuila de Zaragoza, 2003-2008. A precios de 2003	117

Tabla 22 Participación porcentual del PIB manufacturero de Coahuila de Zaragoza, 2003-2008. A precios de 2003	117
Tabla 23 Tasas Medias de Crecimiento anual de la manufactura y Metal-Mecánica en Coahuila, 1994-2009	119
Tabla 24 Datos para el cálculo de los coeficientes de localización de la Metal-Mecánica en Coahuila, 1994, 1999, 2004 y 2009.....	121
Tabla 25 Coeficientes de localización para valor agregado y empleo en Coahuila, 1994-2009	121
Tabla 26 Tasas medias de crecimiento anual del personal ocupado en la Metal-Mecánica en la ZMS, 1994-2009	123
Tabla 27 Datos para el cálculo de los coeficientes de localización de la Metal-Mecánica en la ZMS, 1994, 1999, 2004 y 2009.....	124
Tabla 28 Coeficientes de localización para valor agregado y empleo para la ZMS, 1994-2009.....	125
Tabla 29 Consideraciones relevantes del Análisis Costo-Beneficio	141
Tabla 30 Las realidades de la elaboración de un Análisis Costo-Beneficio.....	142
Tabla 31 Principales indicadores de la Metal-Mecánica, 2009	153
Tabla 32 Coordenadas de los vértices de la poligonal simplificada del acuífero 0502 Acuífero cañón del Derramadero.....	160
Tabla 33 Coordenadas de los vértices de la poligonal simplificada del acuífero 0510 Acuífero Saltillo-Ramos Arizpe	161
Tabla 34 Coordenadas de los vértices de la poligonal simplificada del acuífero 0511 Acuífero Región Manzanera-Zapalinamé	162
Tabla 35 Coordenadas de los vértices de la poligonal simplificada del acuífero 0505 Acuífero General Cepeda Saucedo.....	164
Tabla 36 Disponibilidad de aguas Subterránea y acuíferos que alimentan la Zona Metropolitana de Saltillo para los años 2002-2004.....	168
Tabla 37 Disponibilidad de aguas Subterránea y acuíferos que alimentan la Zona Metropolitana de Saltillo, 2009.....	168
Tabla 38 Demanda histórica de agua dentro de la zona metropolitana de Saltillo	175
Tabla 39 Consumo diario promedio de agua industrial en Saltillo, 1998-2009	176
Tabla 40 Consumo diario promedio de agua industrial en Ramos Arizpe, 1998-2009.....	177

Tabla 41 Consumos mensuales promedio de agua industrial en la ZMS, 2004-2009.....	179
Tabla 42 Consumos anuales promedio de agua industrial en la ZMS, 2004-2009	180
Tabla 43 Histórico de tratamiento de agua por parte de la industria en la ZMS, 2004-2009.....	182
Tabla 44 Volumen diario promedio de agua tratada por la industria en Saltillo, 2004-2009.....	183
Tabla 45 Volumen diario promedio de agua industrial tratada en Ramos Arizpe, 2004-2009	183
Tabla 46 Volúmenes mensuales promedio a agua tratada por parte de la industria en la ZMS, 2004-2009	185
Tabla 47 Demanda real diaria promedio de agua industrial en Saltillo, 2004-2009	186
Tabla 48 Demanda real diaria promedio de agua industrial en Ramos Arizpe, 2004-2009.....	187
Tabla 49 Consumos reales anuales promedio de agua industrial en la ZMS, 2004-2009.....	187
Tabla 50 Consumos reales mensuales promedio de agua industrial en la ZMS, 2004, 2009.....	188
Tabla 51 Tabulador oficial para el pago de derechos por extracción de agua, 2004.....	194
Tabla 52 Tabulador oficial de la CNA por derechos originados por concesiones o títulos que se señalan, 2004	195
Tabla 53 Cuotas en pesos por metro cubico por incumplimiento de los límites permisibles para potencial hidrogeno (pH)	195
Tabla 54 Cuota por incumplimiento de los límites permisibles de metales pesados	196
Tabla 55 costos mensuales del mes de enero de 2004 por consumo de agua por parte de la Metal-Mecánica.....	198
Tabla 56 Costos anuales por extracción de agua y descarga de residuos en los cuerpos receptores de la Metal-Mecánica en la ZMS, 2004-2024.....	199
Tabla 57 Liquidaciones por terminación colectiva de las relaciones de trabajo, 2020.....	204
Tabla 58 Costos mensuales del mes de enero de 2004 por consumo de agua por parte de la Metal-Mecánica con la implementación del tratamiento y reciclado del agua industrial residual.....	206
Tabla 59 Costos anuales por extracción de agua para la industria Metal-Mecánica, con la implementación de tratamiento y reciclado de l agua, 2004-2024.....	207
Tabla 60 Costos diarios generados por cada planta tratadora de agua residual, periodo 2004.....	210
Tabla 61 Costos promedios mensuales por planta tratadora de agua en la zona metropolitana de Saltillo.....	210

Tabla 62 Costo anual por PTARs dentro de la ZMS, 2004.....	211
Tabla 63 Costos totales anuales por funcionamiento y mantenimiento de las PTARs dentro de la ZMS, 2004.....	211
Tabla 64 Costos totales anuales por funcionamiento y mantenimiento de las PTARs dentro de la ZMS, 2004-2024	212
Tabla 65 Precios de los terrenos requeridos para la construcción de una PTARs en los diversos parques industriales de la ZMS.....	215
Tabla 66 Determinación de los costos totales por concepto de inmuebles requeridos para la inversión de seis PTARs en la ZMS, 2003.....	217
Tabla 67 Inversión total para la implementación del proyecto, 2003.....	218
Tabla 68 Determinación de costos totales anuales para la Metal-Mecánica en la zona metropolitana de Saltillo, 2004-2024.....	224
Tabla 69 Flujo de efectivo para la primera alternativa	225
Tabla 70 Valor Actual de los flujos de la primera alternativa	226
Tabla 71 Valor Actual Neto de la Primera Alternativa.....	227
Tabla 72 Determinación de costos totales anuales para la Metal-Mecánica en la zona metropolitana de Saltillo, segunda alternativa 2003-2024	228
Tabla 73 Flujo de efectivo para la segunda alternativa.....	229
Tabla 74 Valor Actual de los flujos de la segunda alternativa	230
Tabla 75 Valor Actual Neto de la Segunda Alternativa. Unidad de medida: millones de pesos M.N.	231
Tabla 76 Ahorros por tratamiento y reciclado de agua por parte de la Metal-Mecánica en la ZMS, 2004-2024	233
Tabla 77 Flujo de efectivo para la evaluación mediante el Periodo de Recuperación. Unidad de medida: millones de pesos M.N.....	234
Tabla 78 Valor Actual de los flujos del proyecto para obtener el Periodo de Recuperación	235
Tabla 79 Período de Recuperación del proyecto. Unidad de medida	236
Tabla 80 Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno de la implementación del Tratamiento y reciclado del agua residual industrial en la ZMS, 2004-2024	237

Tabla 81 Determinación de costos totales anuales para la Metal-Mecánica en la zona metropolitana de Saltillo, por el tratamiento y reciclado del agua industrial tomando en consideración los beneficios y cargas fiscales aplicables, 2003-2024. Unidad de medida: millones de pesos	239
Tabla 82 Flujo de efectivo actuales para la evaluación RBC, tomando en consideración estímulos y cargas fiscales.....	240
Tabla 83 Razón Beneficio/Costo del proyecto considerando legislación fiscal	241
Tabla 84 Razón Beneficio/Costo del proyecto sin considerar legislación fiscal	242
Tabla 85 Conclusiones Análisis Social Costo Beneficio.	250

INTRODUCCIÓN

La confluencia entre el crecimiento económico y las consecuencias ambientales que éste ocasiona, ha generado una mayor y mejor reflexión para las sociedades, ya que se considera deseable lograr desarrollos nacionales que compaginen positivamente los objetivos económicos, sociales y ambientales (Provencio *et al*, 1997:10).

Para la región noreste del estado de Coahuila de Zaragoza (zona metropolitana de Saltillo¹), el crecimiento económico e industrial de la región registró un importante avance a partir de la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte con Estados Unidos y Canadá (TLCAN), que se manifestó tanto en el aumento demográfico como en las actividades económicas y a raíz de ello, se ha intensificado la explotación de la cuenca Rio Bravo (Chávez, 2006:14), por lo cual aumentó la duda respecto de la conveniencia o no de esas transformaciones, habida cuenta de que esa localidad se ubica en la región llamada “Desierto de Chihuahua” y según datos de la Comisión Nacional del Agua (CNA), dentro de este prevalecen precipitaciones medias anuales de 350 milímetros de lluvia, con valores que van de los 150 a los 550 milímetros anuales (CNA, 2009a).

México es considerado como de baja disponibilidad de agua a nivel mundial (Agua, 2009), por lo cual la escasez de agua limpia podría convertirse incluso en una restricción al crecimiento de la economía. Este problema es agudizado por la localización geográfica de las zonas de demanda y las de disponibilidad del líquido: 80 por ciento de la población y de la actividad económica están situados en el centro y el norte de México, donde sólo se localiza una tercera parte del recurso natural agua del país cuya disponibilidad es actualmente baja según estándares internacionales. Por lo tanto asegurar un abasto sostenible de agua de

¹ De acuerdo con la delimitación de zonas metropolitanas de México 2005, comprende los municipios de Saltillo, Ramos Arizpe y Arteaga, del Estado de Coahuila (SEDEOL, *et al*, 2007).

alta calidad para los hogares, la agricultura, la industria y el comercio es un factor angular para promover el desarrollo económico en la región. Se trata en consecuencia de analizar la viabilidad y conveniencia de tener crecimiento económico e industrial en condiciones de restricción del recurso agua.

En la región de estudio, los gobiernos locales impulsaron el crecimiento económico bajo el supuesto de que el recurso agua, aunque limitado o inexistente en la superficie, en el subsuelo lo había en montos tales que aseguraban la viabilidad del crecimiento; sin embargo, las evidencias científicas mostraron la fragilidad de estos supuestos, ya que la Cuenca Rio Bravo, a la cual pertenece la zona metropolitana de Saltillo (ZMS), cuenta con 96 acuíferos², de los cuales 21 se encuentran sobreexplotados (CNA, 2009b).

Lo anterior, sienta las condiciones materiales para que se reflexione en torno al aprovechamiento del agua reciclada, considerando su conveniencia económica y relevancia social.

Por lo anterior, resulta pertinente analizar el Impacto económico del tratamiento del agua residual³ por parte de empresas de la rama Metal-Mecánica en esa zona, pues en un ambiente de restricción creciente del recurso agua, su máximo aprovechamiento tiene consecuencias económicas y sociales fundamentales, por ejemplo para las regiones con alta densidad poblacional y económica, tal como lo es la región de estudio señalada. Por otro lado, en 2006 la

² Lecho subterráneo o capa de tierra, como la arena, grava o piedra porosa que almacena agua, la cual es extraída para su uso, aprovechamiento o explotación, de acuerdo con la definición de INEGI, disponible en línea en: <http://www.inegi.mx/est/contenidos/espanol/rutinas/glogen/default.aspx?t=SCEE&s=est&c=10534>.

³ Se entiende por Aguas Residuales a las aguas utilizadas para descargar una composición variada de residuos por los diferentes usos; industriales, comerciales, domésticos y agrícolas. Idem.

rama Metal-Mecánica representó el 27.28 por ciento⁴ del producto interno bruto estatal y el 71.86 por ciento del generado por la Industria Manufacturera en el Estado, contribuyendo en gran medida con el crecimiento económico del mismo, de ahí que conocer y determinar si el tratamiento de aguas residuales generadas por la Metal-Mecánica es rentable para que las empresas de esta rama localizadas en la región, resulta relevante.

A partir de los años sesenta, el interés por el medio ambiente se convirtió en un aspecto importante dentro del estudio del desarrollo económico, básicamente cuestionando si las actividades económicas pueden representar problemas al medio ambiente en términos de la sustentabilidad, ligados con la contaminación, la explotación e incluso el agotamiento de los recursos naturales (Butler, 1991:15).

Los problemas causados por la contaminación del agua han sido motivo de preocupación en el país, principalmente en la región norte, debido a la limitación del recurso. Por ejemplo aún y cuando en Saltillo se han dado algunos pasos para resolver los problemas de contaminación y escasez del agua, mediante la construcción y operación de una planta de tratamiento de aguas residuales, todavía quedan problemas por atender (CNA, 2009c).

En la actualidad los recursos naturales se están agotando debido a la sobreexplotación que el hombre en aras del desarrollo hace de ellos, hasta el punto de llegar a representar un obstáculo para el crecimiento económico de un país. En México la disponibilidad de agua *per cápita* es de alrededor de 4,000 m³/hab/año, disponibilidad limitada, por debajo de los estándares internacionales, por lo cual, esta situación, puede representar un freno al crecimiento económico del país, en específico para la zonas norte, centro y noroeste que concentran el 77 por ciento de la población y genera el 87 pesos de

⁴ Fuente: INEGI. Dirección General de Estadísticas Económicas. Dirección General Adjunta de Cuentas Nacionales. Dirección de Cuentas de Corto Plazo y Regionales, a precios de 2003.

cada 100 del PIB, pero únicamente cuentan con el 31 por ciento del agua renovable.

Dado lo anterior, el presente documento se enfoca hacia el estudio sobre la rentabilidad del tratamiento y reciclado de aguas residuales industriales en la Rama Metal-Mecánica, en una zona donde esta es escasa. Por tanto la investigación busca determinar si el tratamiento de aguas residuales⁵ industriales es rentable para las empresas del sector Metal-Mecánico en la ZMS.

Dentro del desarrollo de la presente tesis se tienen los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL.

Conocer, identificar y determinar si el tratamiento y reciclado de agua residual para las empresas del sector Metal-Mecánico en la ZMS es rentable en términos económicos.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Conocer la magnitud de la demanda de agua a nivel industria (Metal-Mecánica);
2. Conocer y determinar cuánta agua es tratada, a nivel municipal e industrial en la ZMS.
3. Identificar qué políticas, reglamentos o lineamientos oficiales existen que obliguen o promuevan el reciclado de agua.
4. Determinar si el tratamiento y reciclado de agua, es rentable para las empresas del sector Metal-Mecánico en la ZMS.

⁵ Aguas utilizadas para descargar una composición variada de residuos por los diferentes usos; industriales, comerciales, domésticos y agrícolas.

Para resolver el planteamiento del problema se elabora la siguiente hipótesis de investigación:

- ∞ El tratamiento y reciclado de aguas residuales es económicamente rentable para las empresas del sector Metal-Mecánico en la ZMS.

Para la elaboración de la presente tesis, se realizó una revisión literaria sobre los diversos métodos de valoración económica de los recursos naturales, para estar en posibilidades de responder a la pregunta de investigación planteada. De la revisión se optó por el método de Análisis Costo-Beneficio (ACB), esto en virtud del nivel de información con el que se contó, y la perspectiva que tiene el documento, al estudiar el tratamiento y reciclado del agua desde la empresa privada.

Los datos necesarios para la evaluación financiera del tratamiento y reciclado del agua residual por parte de la Metal-Mecánica en la ZMS, referentes a los volúmenes de agua tratada, así como costos de la misma, fueron proporcionados por la CNA, Ingeniería Básica, Licitación de la Planta Tratadora de Aguas Residuales (PTARs) de Ramos Arizpe, Coahuila. Las tarifas que se aplicaron para la determinación para el pago de derechos por extracción de agua, permiso por descarga de residuos, excedentes en los límites permisibles del poder de hidrogeno (pH) y materiales pesados, fueron tomadas de la Ley Federal de Derechos (2004). Por lo que hace a la determinación de estímulos y cargas fiscales, se tomaron las tasas previstas por la Ley del Impuesto Sobre la Renta y la Ley del Impuesto al Activo.

Para la realización de la evaluación financiera propuesta en el presente documento, ante la imposibilidad de prever el futuro, y tomando en consideración que los principales indicadores que nos podrían mostrar el comportamiento futuro, durante los últimos años no han tenido un comportamiento estable, se decidió para fines de la investigación, incrementar un cuatro por ciento anual a partir del

año 2005, esto debido al comportamiento que sigue la Administración Federal, respecto del incremento en la tarifas.

Los principales resultados que se encontraron, consisten en que desde cualquier punto de vista que se realice la evaluación financiera, ya sea solo considerando el nivel de costos que general el tratamiento y reciclado contra los costos en los cuales incurriría la industria en caso de no implementar el proyecto, la alternativa de tratamiento es viable económicamente.

Se encontró que el periodo de recuperación de la inversión, sin considera los estímulos fiscales, por la implantación de un proyecto pro ambiental, es de cuatro años.

Así mismo, a una tasa de descuento del 12 por ciento real, el valor actual neto del tratamiento y reciclado del agua para la Metal-Mecánica es de 1,904.32 millones de pesos M.N. y tiene una tasa interna de retorno del 78.9 por ciento, es decir un alto nivel de rendimiento.

Por lo que hace a la ratio Beneficio/Costo, en ambos análisis, esta fue superior a 1, indicándonos la rentabilidad del proyecto.

El documento consta de nueve capítulos: el primero recorre los antecedentes de la relación entre los recursos naturales y la economía, los diferentes tipos de ideología del pensamiento ambientalista, el crecimiento con escasez de los mismo, los patrones de localización industriales y como los recursos naturales se han convertido en un factor importante en la misma, por último se presentan algunos estudios enfocados al impacto económico del tratamiento del agua al diversos países; el segundo se refiere a la situación que guarda el recurso hídrico en México, respecto de su nivel de disponibilidad de agua media per cápita, se pone de manifiesto la sobreexplotación que se ejerce sobre el agua en el territorio nacional, así mismo se muestra la nueva cultura del tratamiento y reciclado del agua que se está impulsando en el país; el tercer

capítulo hace alusión al contexto legal bajo el cual México aborda la preservación y tratamiento del agua a fin de garantizar un desarrollo sostenido, el cuarto se pone plantea la situación de la Metal-Mecánica en México y en el estado de Coahuila, esto se hace a partir de diversos indicadores; el quinto apartado refiere a la necesidad de valoración de los bienes naturales y los diferentes métodos de valoración; dentro del sexto capítulo se describe la metodología a utilizar dentro de la presente investigación; en el séptimo capítulo se describe la situación que guarda la Metal-Mecánica dentro de la ZMS, se pone dentro de contexto al lector del caso de estudio, dentro de él se describen las características hidrográficas de la región, la situación que guardan los recursos hídricos, así mismo se describen los principales indicadores a utilizar para la evaluación financiera, en el capítulo octavo se presenta la evaluación del proyecto a través de cuatro criterios de evaluación. El Valor Actual Neto (VAN), el Periodo de Recuperación (PR), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Relación Beneficio/Costo (RBC); por último dentro del noveno capítulo se dan las conclusiones y posibles líneas de investigación que podrían desprenderse de la presente investigación.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LOS RECURSOS NATURALES Y LA ECONOMÍA

En este capítulo se hace una reseña histórica del papel de los recursos naturales en la economía, las diferentes teorías sobre la relación de estos y la economía, una breve revisión sobre la relevancia económica de los recursos naturales en zonas donde estos son escasos. Se señala como la disponibilidad del Agua se está convirtiendo en un factor determinante sobre la localización de las firmas, se comentan algunos estudios elaborados en la Unión Europea y Asia; Estados Unidos; América Latina y México.

En el primer apartado se aborda la relación histórica de la economía con los recursos naturales, mostrando los diversos estudiosos de la economía que mostraron su preocupación de la relación inversa existente entre desarrollo económico y medio ambiente, así mismo se muestran las posturas a nivel mundial de los gobiernos frente a la latente depredación de los recursos naturales frente al desarrollo económico.

En el apartado segundo, se aborda las diversas ideologías del pensamiento ambientalista, así como sus principales postulados y medidas de solución a la crisis ambiental.

Posteriormente, se exponen las clasificaciones de escuelas económicas que abordan dentro de los estudios económicos a los recursos naturales, dentro del tercer apartado.

Dentro del cuarto apartado se señala como los recursos naturales pueden presentar un freno al desarrollo económico. Así mismo dentro del quinto apartado se abordan las diversas teorías de localización industrial, desde las teorías clásicas hasta las teorías modernas, señalándose sus principales exponentes y postulados.

En el sexto apartado se abordan los diversos estudios económicos que abordan el tema del papel del agua dentro del desarrollo económico. Por último dentro del séptimo se señalan las conclusiones del capítulo.

1.1 El medio ambiente y la teoría económica

La economía de los recursos naturales refiere a la manera en que la sociedad asigna los recursos naturales escasos (Lizano, 2008), desde el siglo XVIII ha sido objeto de la atención por parte de los economistas, viendo la relación entre el medio ambiente, su protección y la economía.

En ese sentido, dado el interés que estos han despertado los recursos naturales dentro del contexto económico, es pertinente realizar una breve reseña historia del pensamiento económico sobre esto y el papel que desde el punto de vista de los estudiosos de la economía representan.

De acuerdo con Kula (1992:1), el primer economista en preocuparse por los efectos del medio ambiente sobre el crecimiento económico fue Thomas Robert Malthus (1798), quien en su libro *“An Essay on the Principle of Population as it Affects the Future Improvement of Society”* sistematizó sus preocupaciones respecto de la escasez de recursos naturales y sus consecuencias sobre el crecimiento económico. Las limitaciones de su estudio, estriban en que solo se enfocó en la tierra y la capacidad de crecimiento de la oferta de alimentos, por encima de un crecimiento de la población sin precedentes. Sus ideas respondían a los acontecimientos de la época y en particular a las condiciones derivadas de la Revolución Industrial.

David Ricardo (1817) mostró su pesimismo en *“Principles of Political Economy and Taxation”*, respecto de la relación entre recursos naturales, crecimiento económico y población, indicando que los límites al crecimiento se

encuentran en los rendimientos decrecientes de las tierras y de las minas de carbón; su estudio se basó en la fertilidad de la tierra, pues primero se siembra en la tierra de mayor calidad y postuló que el crecimiento de la población derivaría en tierras de menor calidad, lo que implicaría una menor producción y en el largo plazo se llegaría a un estado estacionario.

Así mismo, J.S. Mill (1862) es considerado como pionero de la rama ambientalista económica, publicó *“Principles of political Economy”* donde se ve la influencia de Malthus y Ricardo, cuando propuso como única salida de la humanidad, el estado estacionario del stock de capital y la población. Estableció que los avances tecnológicos pueden contrarrestar los rendimientos decrecientes de la tierra y sus observaciones se basaron en el prolongado período de crecimiento evidenciado durante el siglo XVIII. Kula (1992:7) transcribe el pensamiento de Mill acerca de la tendencia del crecimiento material limitado. *“Apenas los tontos querrán vivir en un mundo superpoblado por seres humanos y sus posesiones materiales. La soledad es esencial como ingrediente de meditación y bienestar. No hay un propósito en contemplar un mundo donde cada pedazo de tierra esté siendo cultivada, toda extensión de pasto florido esté arado, toda planta silvestre y especies animales exterminadas por su rival, la humanidad por su necesidad de alimento y cada cerca o árbol superfluo, siendo derribado”*.

Resulta interesante el hecho de que viviendo en el siglo XVIII y considerando los índices de crecimiento de la producción, previera con tanta claridad parte de la situación que estaría evidenciando el hombre moderno dos siglos después.

Por otro lado, W.S.Jevons es considerado otro de los precursores de la economía ambiental; en su libro *“The Coal Questions: An Inquiry Concerning the Progress of the Nation and the Probable Exhaustion of our Coal Mines”* hizo hincapié en que el carbón fue parte fundamental y significativa en el desarrollo económico de

Inglaterra y permitió la rápida industrialización de Inglaterra debió a la facilidad en el acceso a las reservas de este recurso natural (Jevons, 1865).

Por otro lado Hotelling, durante el año 1931 después de analizar el fenómeno de la depreciación en la producción mediante tasas naturales (Hotelling, 1925), desarrolló un estudio sobre el agotamiento de los recursos naturales, concentrándose en los recursos de origen mineral. Incorporó algunos avances de aplicación matemática, como el cálculo de variaciones, para desarrollar la optimización de las variables que involucraba su trabajo. Para él, el precio de mercado puede tender al infinito, cuando el recurso se agota demasiado rápido, así *“Puede parecer que la explotación de un recurso natural agotable nunca puede ser demasiado lenta para el bien público; para cada tasa propuesta de producción indudablemente habrá algún punto para el agotamiento final, en el cual esa tasa implicará y requerirá mas retraso en la explotación”* (Hotelling, 1931).

La importancia de los trabajos de Hotelling, estriba en que desarrolló una nueva forma de analizar y teorizar sobre los procesos económicos, donde el factor “recurso natural” se ven como agotables y a partir de esta concepción se introduce en modelos de crecimiento económico y también en modelos regulatorios.

En 1952, se creó La Comisión Presidencial para Política de Materiales de Estados Unidos (CPPMEU), cuya finalidad era la evaluación del potencial de la agricultura y de los recursos naturales en los Estados Unidos. La Comisión elaboró el informe *“Resources for Freedom, Foundation for Growth and Scarcity”* (1952), el cual señalaba que los recursos naturales son importantes para el desarrollo económico del país y por tanto la autoridad pública, debería elaborar planes para necesidades futuras (Kula, 1992:12).

En 1963 el gobierno de Estado Unidos de Norte América (USA)⁶ se mostró preocupado, respecto a la incógnita de saber si la escasez de los recursos

⁶ Por sus siglas en ingles *United States of America*.

naturales sería un problema para la continuidad del desarrollo económico del país, ante esta creó la Comisión de Recursos para el Futuro, misma que publicó “*Scarcity and Growth: the Economics of Natural Resource Availability*”, escrito por Harold Barnett y Chandler Morse (Barnett & Morse, 1963). Los autores realizaron un estudio que abarcó un periodo de 87 años (1870-1957), probaron las implicaciones de la escasez de recursos sobre los costos de extracción y los precios de las *commodities*. Los resultados que obtuvieron, mostraron la disponibilidad creciente de esos recursos, lo cual se atribuyó a tres factores que funcionaban como inhibidores de la escasez: a) avances tecnológicos en la explotación, extracción, procesamiento y producción, b) descubrimiento de nuevos depósitos; c) cambios estructurales de uso, es decir, la sustitución de recursos minerales escasos de alto contenido por recursos de menor contenido, que son más abundantes.

Los únicos riesgos mencionados se relacionaban con la contaminación y sus efectos sobre el medio ambiente a los cuales la población estaba expuesta.

En abril de 1968, bajo el patrocinio de Urello Peccei, industrial italiano, uno de los más altos funcionarios de Fiat y Olivetti, se reunió un grupo de 30 personas: economistas, científicos naturalistas, matemáticos, educadores, industriales y políticos, con el objetivo de discutir y analizar problemas presentes y futuros de la humanidad y los límites del crecimiento económico frente al uso creciente de los recursos naturales. Al inicio de los años setenta el grupo contaba con setenta miembros y al final de la década llegó a cien.

El primer resultado de esta agrupación multidisciplinaria, fue la publicación del libro “*Limits to Growth*” (Meadows *et al*, 1972), dando origen al movimiento denominado neomaltusianismo, pues retomaba aquella teoría para la formulación de sus conclusiones y recomendaciones, centradas en que la variable demográfica es la variable más importante a ser controlada dentro de los países del Tercer Mundo. El argumento angular del modelo era la necesidad de

establecer límites para el crecimiento exponencial de la actividad económica, de la población y de la contaminación, debido a que el mundo era finito en tierras arables, depósitos minerales, recursos energéticos y en la capacidad de soporte de la contaminación.

Hacia junio de 1972, con la participación de 1,200 delegados que representaban a 110 países 192, en Estocolmo se realizó La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano, esta así como su reunión preparatoria, realizada en Founex en 1971, fueron las primeras manifestaciones a nivel global sobre la problemática ambiental, motivadas principalmente por el informe emitido por el Club de Roma "*Limits to Growth*" (Meadows *et al*, 1972). Por primera vez, fueron debatidos y contrapuestos temas como crecimiento, desarrollo y protección del medio ambiente, de forma más globalizada. Como fruto de la conferencia de Estocolmo surge la Declaración de Estocolmo.

La Conferencia aprobó una declaración final de 26 principios y 103 recomendaciones, con una proclamación inicial de lo que podría llamarse una visión ecológica del mundo, sintetizada en siete grandes principios.

El mayor logro de la Conferencia fue que todos los participantes aceptaran una visión ecológica del mundo, en la que se reconocía, entre otras cosas, que "*... el hombre es a la vez obra y artífice del medio que lo rodea..., con una acción sobre el mismo que se ha acrecentado gracias a la rápida aceleración de la ciencia y de la tecnología..., hasta el punto que los dos aspectos del medio humano, el natural y el artificial, son esenciales para su bienestar*". Fijándose de manera más concreta en las consecuencias sobre extensas zonas del mundo de las actividades de los países industrializados, se constata que "*...vemos multiplicarse las pruebas del daño causado por el hombre en muchas regiones de la Tierra: niveles peligrosos de contaminación del agua, el aire, la tierra y los seres vivos; grandes trastornos del equilibrio ecológico de la biosfera; destrucción y agotamiento de recursos insustituibles y graves deficiencias, nocivas para la salud física, mental y social del hombre, en el medio por él creado,*

especialmente en aquel en que vive y trabaja". A pesar de los criterios opuestos en materia de control de la población, todos los participantes a la Conferencia suscribieron que *"...el crecimiento natural de la población plantea continuamente problemas relativos a la preservación del medio, y se deben adoptar normas y medidas apropiadas, según proceda, para hacer frente a esos problemas"*. El reconocimiento del carácter mundial de la problemática ecológica supuso que, además de las acciones a nivel individual y nacional, se insistiera asimismo en la necesidad *"...de una amplia colaboración entre las naciones y la adopción de medidas por las organizaciones internacionales, en interés de todos"* (ONU, 2010)

En 1983, existía la preocupación por el rápido deterioro del medio ambiente, recursos naturales y las consecuencias de ese hecho en el desarrollo económico y social, la Organización de Naciones Unidas (ONU) reconoció que los problemas ambientales son de índole mundial y determinó que era, de interés común de todos los países, establecer políticas para el Desarrollo Sustentable (DS) dando origen a la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (WCED⁷), mejor conocida como comisión Brundtland conformada por 21 naciones, misma que en 1987 emitió el informe *"Our Common Future"*, utilizando por primera vez el término DS, definido como aquel que *"satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones"* A partir de su publicación El informe Brundtland se ha convertido en referencia mundial para la elaboración de estrategias y políticas de desarrollo ecocompatibles (WCED, 1987). En él se presentó un cambio, muy importante, por cuanto que la idea de sustentabilidad, principalmente ecológica, hacía énfasis en el contexto económico y social del desarrollo, es decir, sí al crecimiento pero con restricciones de tipo ecológicas y morales. También se expresó la necesidad de llevar a cabo una nueva conferencia a nivel mundial, ya que los objetivos propuestos en conferencias anteriores no estaban siendo cumplidos.

⁷ Por sus siglas en ingles *World Commission on Environment and Development*.

El informe plantea la posibilidad de obtener un crecimiento económico basado en políticas de sostenibilidad y expansión de la base de recursos ambientales. Exhorta a los Gobiernos a asegurar que sus agencias y divisiones actúen con responsabilidad en el sentido de apoyar un desarrollo que sea sostenible económica y ecológicamente: y a fortalecer también las funciones de sus entidades encargadas del control ambiental (WCED, 1987).

Con base en el informe Brundtland se elaboró la Agenda 21, principal resultado de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD) conocida como Cumbre para la Tierra, llevada a cabo en Río de Janeiro, Brasil en 1992, fue un momento decisivo en las negociaciones internacionales sobre las cuestiones del medio ambiente y el desarrollo. En ella se retoman los planteamientos del informe Brundtland, reafirmando su mensaje central a saber, que el desarrollo socio-económico y la protección ambiental están íntimamente vinculadas.

Allí 172 gobiernos, incluidos 108 Jefes de Estado y de Gobierno, aprobaron tres grandes acuerdos que habrían de regir la labor futura: el Programa 21, un plan de acción mundial para promover el desarrollo sostenible; la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, un conjunto de principios en los que se definían los derechos civiles y obligaciones de los Estados, y una Declaración de principios relativos a los bosques, directrices para la ordenación más sostenible de los bosques en el mundo. Se abrieron a la firma además dos instrumentos con fuerza jurídica obligatoria: la Convención Marco sobre el Cambio Climático y el Convenio sobre la Diversidad Biológica (ONU, 2009a). Al mismo tiempo se iniciaron negociaciones con miras a una Convención de lucha contra la desertificación, que quedó abierta a la firma en octubre de 1994 y entró en vigor en diciembre de 1996. Los temas tratados en la Cumbre de la Tierra incluían:

- Escrutinio sistemático de patrones de producción, especialmente de la producción de componentes tóxicos como el plomo en la gasolina y los residuos contaminantes.
- Fuentes alternativas de energía para el uso de combustibles fósiles, vinculados al cambio climático.
- Apoyo al transporte público para reducir las emisiones de los vehículos, la congestión en las ciudades y los problemas de salud causado por la polución.
- La creciente escasez de agua.

En la Declaración de Río se definen los derechos y las obligaciones de los Estados respecto de principios básicos sobre el medio ambiente y el desarrollo. Incluye las siguientes ideas: la incertidumbre en el ámbito científico no ha de demorar la adopción de medidas de protección del medio ambiente; los Estados tienen el "*derecho soberano de aprovechar sus propios recursos*" pero no han de causar daños al medio ambiente de otros Estados; la eliminación de la pobreza y la reducción de las disparidades en los niveles de vida en todo el mundo son indispensables para el desarrollo sostenible, y la plena participación de la mujer es imprescindible para lograr ese desarrollo. (ONU, 2009a).

Por otro lado encontramos, La Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible (CMDS), realizada del 26 de agosto al 4 de septiembre de 2002 en Johannesburgo, Sudáfrica, en esta se hizo un balance de la conferencia de Río de Janeiro de 1992, se reunieron miles de participantes, entre los que se incluyeron jefes de Estado y de Gobierno, los delegados nacionales y los dirigentes de las organizaciones no gubernamentales (ONGs), empresas y otros grupos, el objetivo de esta cumbre fue centrar la atención del mundo y la acción directa en la resolución de complicados retos, tales como la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos y la conservación de los recursos naturales en un mundo en el que la población crece cada vez más (ONU, 2009b).

En la Declaración Política, los representantes de los pueblos del mundo reafirmaron su compromiso a favor del desarrollo sostenible. Se reconoció que el Desarrollo Sostenible exige un enfoque a largo plazo, y se adquirió el compromiso de "*verificar regularmente los avances hacia nuestros objetivos y metas de desarrollo sostenible*" (Agenda 21, 2010)

1.2 Tipología del pensamiento ambientalista

La principal diferencia entre los seres humanos y el resto de los seres vivos, es el cambio a lo largo del tiempo de la relación de estos con la naturaleza e incluso con otras personas (Foladori, 2007).

Como ya hemos mencionado en el apartado que precede, a partir de la década de los sesenta los gobiernos se comenzaron a preocupar sobre los efectos del desarrollo económico sobre los recursos naturales, fijaron su atención en el hecho de que tanto la depredación de los recursos naturales, como los altos niveles de contaminación ponían en riesgo a los ecosistemas y consecuentemente a la humanidad.

A partir de ahí ha surgido una serie de interpretaciones de la crisis ambiental, todas atendiendo a determinadas clases de intereses ya sea políticos o económicos, sin embargo estas tienen en común el rasgo de que se debe poner más atención a las consecuencias ambientales ocasionadas por el desarrollo económico, a partir de aquí surge el concepto de *DS* (WCED, 1987).

La ideología ambientalista contemporánea tiene los más variados tintes. Las diversas formas de pensamiento ambientalista las podemos clasificar en *ecocentristas*⁸ y *antropocentristas*⁹ o *tecnocentristas*¹⁰ (Foladori *et al*, 2005). A fin

⁸ Filosofía basada en que las acciones y los pensamientos del individuo se centran en el medio ambiente por sobre todas las cosas, tanto en su cuidado y la conservación, es por tanto anti

de mostrar las diversas corrientes del pensamiento ambientalista nos basamos en la clasificación que de esta realizan Foladori, *et al* (2005:83-173).

El ecocentrismo, ve a la sociedad como consumidora, consideran que la naturaleza por sí misma es sabia y se autorregula. Para ellos los problemas ambientales derivan de la tecnología, y consideran que son las actitudes individuales las que son capaces de superar las crisis ambientales derivadas del desarrollo económico, sin embargo, si bien es correcto que una mayor conciencia ambiental facilita un cambio de actitud respecto de la naturaleza, esta corriente no establece las relaciones causales que existen entre el sistema de producción y los problemas ambientales.

Por otro lado, encontramos la corriente tecnocentrista o antropocentrista, la cual se centra en el postulado que el ser humano es el centro de todo, así mismo considera en que el comportamiento del medio ambiente está determinado por las necesidades humanas, en otras palabras, la humanidad se impone a la naturaleza basándose en el desarrollo tecnológico. Esta corriente considera que la confianza en la ciencia y tecnología son la base para superar los problemas ambientales. Dentro de esta ideología encontramos dos vertientes contrapuestas entre sí: los *cornucopianos* y los *ambientalistas moderados*.

Los cornucopianos, parten de la idea de que las relaciones existentes entre los recursos naturales y el hombre están determinadas por las necesidades de los seres humanos, señalan que el hombre se impone a través del desarrollo tecnológico. Un rasgo distintivo de esta corriente es su visión optimista en cuanto al aporte de la tecnología para frenar la depredación y escasez ambiental

humanista. Este pensamiento es característico del movimiento ecologista. Expone un *amor* hacia la naturaleza.

⁹ Doctrina que hace al ser humano medida de todas las cosas, su naturaleza y bienestar.

¹⁰ El tecnocentrismo es un hábito inconsciente y muy extendido que consiste en abordar los problemas desde la tecnología.

ocasionada por el desarrollo económico. Esta corriente es seguidora de la teoría coasiana, en cuanto consideran que las fuerzas del mercado optimizan la asignación de los recursos naturales. En ese sentido, consideran que el libre mercado logra solucionar los problemas ambientales, ya sea *restringiendo el consumo* de recursos no renovables o en extinción por el aumento de los precios debido a la disminución de los mismos, o bien *sustituyendo materias primas y fuentes energéticas, o mejorando la tecnología para un uso más eficiente* de los mismos recursos. Esta posición parte del “enfoque de los derechos de propiedad” que parte del teorema de Coase. Según Coase (1960), los derechos de propiedad privada es el mecanismo más simple para solucionar los problemas¹¹ (externalidades). Los defensores de la teoría coasiana, hacen énfasis en el hecho de que derechos de propiedad bien constituidos, son fundamentales para una utilización sustentable de los recursos naturales, pues consideran que la ausencia de esos derechos frecuentemente hace que se haga un uso menos que eficiente e incluso el agotamiento de los mismo, esto debido al hecho de que ante la ausencia de propiedad de los mismos nadie los cuida y por tanto nadie se hace responsable de su preservación y conservación (Hardin, 1968).

Los ambientalistas moderados, toman conciencia del hecho que el desarrollo económico necesariamente daña al medio ambiente, sin embargo estos daños pueden mitigarse o evitarse a partir de la implementación de políticas públicas, es decir consideran que es necesaria la intervención del gobierno para hacer frente a la crisis ambiental. En ese sentido esta corriente es seguidora de la teoría pigouviana, que considera que el mercado por sí mismo no es suficiente para funcionar correctamente y que es necesaria la intervención del estado para arreglar estas fallas de mercado. En ese sentido las externalidades (Pigou, 1920) son un efecto colateral de una actividad, puede ser negativo o positivo. Si es negativo (contaminación por una actividad industrial), representa un **costo** para la colectividad. Si es positivo (el servicio del ecosistema) es un **beneficio** para la

¹¹ Enfocado a la problemática ambiental

colectividad. De tal manera que las “externalidades” negativas deben ser gravadas por el Estado. Este procedimiento se efectúa, en materia ambiental, según el principio del *Polluter Pays Principle* (OCDE, 1975).

1.3 Escuelas económicas que abordan los recursos naturales

Existen diversas escuelas económicas, que abordan la relación entre los recursos naturales y la economía, ello en atención a los lineamientos que postulan, ya sea, basadas en la teoría clásica, neoclásica o bien con una fundamentación multidisciplinaria, las podemos agrupar en tres clases; economía ambiental, economía ecológica y economía de los recursos naturales, las cuales se abordan a continuación.

La economía ecológica, incorpora a la económica neoclásica la ecología y la segunda ley de la termodinámica, sostiene que el ecosistema Tierra es abierto en energía solar, pero cerrado en materiales. Considera que la actividad económica debe distinguir entre recursos naturales renovables y no renovables (Foladori *et al*, 2005).

La economía ambiental, concentra el análisis sobre la escasez de los bienes naturales, se constituye como disciplina en los años setenta, como una respuesta de los economistas neoclásicos a la problemática ambiental contemporánea. Esta disciplina se basa en las teorías de la internalización de las externalidades de Pigou (1920) y Coase (1960).

La economía de los recursos naturales, parten de los postulados de Malthus y Ricardo, se enfocan al estudio de cómo la sociedad asigna recursos naturales escasos. Una pregunta crítica en la asignación de recursos naturales es ¿Qué cantidad del recurso debe ser extraído o cosechado en el presente?

En tales problemas es común tratar de maximizar alguna medida de valor económico neto a través de un horizonte futuro, sujeto a la dinámica del recurso extraído y cualesquiera otras restricciones. La solución a la optimización dinámica de un recurso natural es un programa o patrón de tiempos que indica la cantidad óptima de extracción o cosecha en cada período (Fernández, 2002). En la tabla 1, se muestran las características de estudio, conceptos básicos e implicaciones económicas de cada una de las escuelas descritas.

Tabla 1 Escuelas de Economía Ambiental.

Escuela	Característica del estudio	Conceptos básicos	Implicaciones económicas
Economía ecológica	<ul style="list-style-type: none"> • Parte de las ciencias ambientales (físicas) • Carácter multidisciplinar 	<ul style="list-style-type: none"> • Leyes de la termodinámica • Entropía • Modelo económico alternativo 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de un modelo económico alternativo. • Reutilizar, reparar y reciclar todo lo posible.
Economía de los recursos naturales	<ul style="list-style-type: none"> • Parte de la teoría clásica (Ricardo y Maltus). • Intenta calcular la tasa óptima de utilización de los recursos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recursos renovables. • Recursos agotables. • Tasa óptima de explotación de los recursos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recursos renovables no deben explotarse más allá de su capacidad de renovación. • Recursos agotables deben explotarse en función de la demanda actual y esperada de las reservas disponibles.
Economía ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Parte de la teoría clásica. • Rechaza que los recursos no sean limitados 	<ul style="list-style-type: none"> • Fallos de mercado. • Externalidades negativas 	<ul style="list-style-type: none"> • Deben internalizarse las externalidades. • Utilización de intervención estatal, de ser necesaria, con los instrumentos disponibles.

Fuente: Fernández-Bolaños (2002:57). Economía y política medioambiental. Escuelas de economía ambiental

1.4 La tesis de los límites físicos y la propuesta del crecimiento cero

La tesis de los límites físicos al crecimiento económico y poblacional tiene antecedentes en la teoría económica clásica, siendo los planteos más relevantes los de Malthus y de Ricardo.

Malthus (1798), planteó que mientras la población se desarrollaba en progresión geométrica o exponencial, la producción de alimentos tendía a hacerlo en progresión aritmética o lineal y como consecuencia, los alimentos resultarían insuficientes, y los salarios llegarían a niveles por debajo del de subsistencia. La única solución sería reducir la natalidad.

Por su parte, David Ricardo (1817), partió del carácter limitado de la tierra y de los rendimientos decrecientes, en base a estos supuestos, se conduciría a una menor retribución del trabajo, llevándola a niveles de subsistencia. Por eso, llegaba a la misma idea que Malthus de la conveniencia o necesidad de controlar o reducir la población.

Las teorías sobre las condiciones técnicas para el crecimiento económico ganaron terreno, gracias a la hipótesis planteada en el Informe para el Club de Roma, según la cual existen límites biofísicos al crecimiento que llevarían eventualmente éste a su colapso; además surgen las problemáticas de la emergencia del movimiento ambientalista y de los incrementos desmesurados en los precios del petróleo.

1.4.1 Los recursos naturales como limitación al crecimiento económico

Este tema ha despertado un reciente interés por los economistas y otros. Lo que especialmente interesa es la relación entre el uso determinado por el mercado y un uso socialmente eficiente. Entonces no hacemos las preguntas ¿Estamos agotando los recursos? e ¿Importa eso? (Fisher, 1981).

Luego entonces, podemos preguntarnos si el límite de las aspiraciones económicas de un país reside en los humanos y sus instituciones o por el contrario reside en el medio ambiente; la adecuación de los recursos naturales a las necesidades humanas es un tema ampliamente estudiado dentro de la corriente occidental.

Algunos argumentan que las restricciones biofísicas, son clave en el aumento de los costos de la extracción de recursos naturales y la degradación de los servicios ambientales, y por consiguiente, este será lento y finalmente podría detenerse (Meadows *et al*, 1972).

Otros argumentan que el ingenio humano, estimulado por el aislamiento y escasez de los recursos a corto plazo, canalizado a través del cambio tecnológico, va a superar a largo plazo, cualquier limitación económica impuesta por la naturaleza (Barnet & Morse, 1963).

La relación entre la escasez de recursos y el crecimiento económico ha sido analizada con mayor frecuencia en el contexto de los países desarrollados con economías industriales que dependen del agotamiento de los recursos no renovables de combustibles y minerales y en el control cada vez mayor de energías renovables y los flujos de materiales.

Sin embargo, la cuestión de la escasez y el crecimiento ha sido fundamental para la planificación económica y ambiental de los países en vías de desarrollo.

Un problema biofísico fundamental sigue siendo: ¿cómo es afectado el rendimiento económico por los cambios en la calidad y cantidad de la base de recursos de la sociedad? de hecho gran parte del debate sobre "desarrollo sostenible" se centra en la integración de un crecimiento económico con la necesidad de asegurar el suministro a largo plazo de los recursos naturales básicos y servicios de medio ambiente (WCED, 1987).

1.5 Teorías de localización industrial

De acuerdo con Carrillo (2002) *“Puede decirse que un factor locacional es una característica o propiedad del espacio o del ambiente, que tiene importancia desde el punto de vista de la localización de alguna actividad...”* Los principales factores para la localización industrial son aquellos que afectan los costos de producción o los ingresos, como lo son las materias primas, la mano de obra, el alcance del mercado, los salarios entre otros. En la actualidad, el papel que juegan los recursos naturales, sobre las decisiones de localización de las firmas, ha cobrado gran relevancia, en ese sentido revisaremos brevemente las diversas teorías de localización industrial, desde las teorías tradicionales hasta las Modernas.

1.5.1 Teorías tradicionales de localización industrial

La teoría de la localización es la rama más antigua de la Economía Regional (Richardson, 1979), sus inicios los podemos remontar a finales del siglo XVIII y principios del XIX (Ramírez, 2003), esta nos sirve para entender los patrones de distribución de las diversas actividades económicas sobre el espacio. Dentro del estudio de la localización existen dos grandes escuelas de pensamiento: la escuela Alemana¹² y la escuela Norteamericana, la primera se enfoca al estudio de la decisión de localización de una firma a través de la utilización de métodos deductivos y la segunda solo hace énfasis en describir y enumerar los factores de localización (Ponsard, 1983).

La localización determina la ubicación más conveniente para instalar la planta industrial, que brinde la mayor rentabilidad de las operaciones respecto a su inversión, o bien donde cumpla cabalmente con los objetivos de la empresa ya sean económicos o sociales.

¹² Denominadas como teorías clásicas de localización (Méndez, 1997).

Las teorías de la localización se basan, primordialmente, en la interpretación de las decisiones empresariales, en una economía de mercado, sobre el mejor sitio donde localizarse.

El origen de los estudios sobre localización industrial se remonta al siglo XIX y puede atribuírseles a dos autores alemanes: H. Von Thunen y Alfred Weber. A estos autores los siguieron Walter Christaller, August Lösch, Harold Hotelling. Contribuciones posteriores, como las de Walter Isard, Leon Moses y David Smith completan el conjunto de las obras en que se encuentran los fundamentos de la teoría clásica de la localización.

Por otro lado, encontramos las teorías contemporáneas de localización industrial, con exponentes como Krugman, Henderson, Fujita y Veneables.

1.5.1.1 Escuela Alemana

La teoría clásica pretende explicar la localización de las actividades sociales y económicas y sus concentraciones en puntos discretos del espacio geográfico, investigando factores de atracción y repulsión de aquellas actividades, con énfasis en la fricción que la distancia le imprime a la distribución de las actividades. La atracción o repulsión entre los factores distribuye las actividades sobre el espacio geográfico, aspecto que las conduce a concentrarse o a dispersarse. Ese tipo de interpretación de los fenómenos espaciales les confirió a los estudios clásicos un carácter mecanicista: sus modelos eran sometidos a rigurosas pruebas matemáticas y usualmente se apoyaban en construcciones geométricas. Muchas de las formulaciones económicas consecuencia de las teorías estáticas son consideradas con plena validez (Richardson, 1977; Ferreira, 1988).

Los inicios de la teoría de la localización de las actividades económicas, podemos remontarlos hasta Von Thünen, quien estudió el funcionamiento

concreto de un mercado agrícola vinculado a un núcleo urbano. Es considerado como el pionero sobre la teoría sobre localización de los usos de suelo agrícola, abordada en su obra “El Estado Aislado” en 1826.

Considerando un estado aislado e isotrópico, competencia perfecta, hombre económico y mercado puntiforme, el modelo de Von Thünen mostró que la renta de la tierra varía con la distancia respecto del mercado (Ramírez, 2003; Butler, 1991; Méndez, 1997; Ferreira, 1998). Para la explicación de su modelo, Von Thünen introdujo el concepto de gradiente de renta definida como la función que relaciona la renta de la tierra con la distancia que existe entre la unidad productora y el mercado, siendo esta inversa (Ferreira, 1998). Su modelo al estar básicamente en función de la distancia, muestra que la distribución espacial de la actividad agrícola se producirá en función de los costes de transporte.

Alfred Weber en 1909¹³ realizó una importante contribución a la teoría de la ubicación, puso énfasis en los costos de la distancia como variable clave para su análisis sistemático (Butler, 1991). Es considerado por muchos como el padre de la localización industrial.

Al igual que la visión de Thünen, Weber se enfoca en determinar la posición óptima de una actividad industrial en función de la minimización de los costos de transportes, considera una industria que produce un solo bien, según el modelo la localización óptima será aquel punto en que se hagan mínimos los costes de transporte (Méndez, 1997). Construye para la explicación del modelo un triángulo Locacional, en el cual cada vértice representa las fuerzas de atracción que tienen los insumos y el mercado (Butler, 1991; Ferreira, 1988; Ponsard, 1983; Mendez, 1997; Richardson 1986; Capello, 2007; Edwards, 2007).

Según Weber la ubicación de una planta industrial está relacionada inicialmente con dos factores fundamentales: la distancia a los insumos y la

¹³ Üeber der Standort der Industrien, Parte I, Reine Theorie des Standorts, Tübingen 1909.

distancia al mercado. (Butler, 1991). Consideraba que algunas industrias poseen una orientación laboral muy grande a causa de la mayor importancia que el componente trabajo tiene en relación con otras industrias. Otro factor importante que influye en la localización de una industria son las economías de aglomeración o economías externas que tienen para Weber un origen explícitamente espacial (Ponsard, 1983).

Otro exponente de la escuela Alemana es Walter Christaller¹⁴ (1933), quien estudia el tamaño y la organización del sistema espacial de asentamientos urbanos en el sur de Alemania. Su obra es considerada por muchos como la contribución más importante a la teoría general de los lugares urbanos (Butler, 1991, Ferreira, 1997; Mendez, 1988, Ramirez, 2003).

Christaller intenta explicar la localización de la actividad económica a través de la maximización de la demanda potencial. Considera que el área de mercado estaba determinado por dos elementos importantes: rango de mercado y el umbral económico (Capello, 2007; Edwards, 2007; Méndez, 1988; Butler, 1991). Dentro de sus planteamientos retoma que todos los lugares fueran provistos con todos los bienes y servicios. Esto le permite construir un sistema regional con una serie de áreas de mercado hexagonales superpuestas con un orden de tipo jerárquico de diferentes tamaños. En el ordenamiento no todos los bienes y servicios tienen la misma importancia ni la misma frecuencia de consumo, es decir, el consumidor estará dispuesto a trasladarse a mayores distancias para la adquisición de ciertos productos que otros (Méndez, 1997).

Lösch perfeccionó los análisis de sus predecesores especialmente los de Von Thünen y Christaller. Su trabajo retoma la idea de un espacio homogéneo e isótropo, donde el área natural de mercado para un producto determinado es un círculo (cono de demanda). Cuyo centro, interesa ocupar a los productores o

¹⁴ Tesis doctoral denominada Die Zentralen Orte in Süddeutschland

vendedores de servicios. Contribuyó a la ciencia económica espacial, aportando una explicación económica de la construcción de regiones equilibradas y especializadas en actividades industriales, productivas y terciarias. (Ponsard, 1983; Ferreira, 1997). Definió cuatro modelos de aglomeración empresarial.

- El primero considera una única gran empresa, considerando que el mercado está constituido por diversas regiones.
- El segundo modelo, prevé varias empresas de un mismo ramo localizadas sobre un territorio común, y en lo que hace al mercado, éste puede estar dentro o fuera de su área de influencia.
- El tercer modelo contempla empresas cercanas a los insumos y el mercado es compacto.
- Dentro del cuarto se considera empresas pequeñas cuya proximidad al consumidor es esencial para su existencia (Ramírez, 2003).

Lösch visualizó una “región económica ideal” que corresponde al resultado de una concentración espacial según la cual todas las redes tengan un centro de producción común, siendo que, la concentración espacial de las actividades es la conclusión a la que llega este autor, aun cuando su supuesto de partida era, el reparto homogéneo de los factores productivos y de la población a lo largo de todo el espacio (Butler, 1991; Ferreira, 1988; Ponsard, 1983; Mendez, 1997; Richardson 1986; Capello, 2007; Edwards, 2007).

1.5.1.2 Escuela Norteamericana

En los años cincuenta y sesenta la academia norteamericana elaboró otras teorías de localización industrial, como el multiplicador de base-exportación (Friedmann, 1966) y el potencial de mercado (Harris, 1954), con un enfoque Keynesiano, ambos resaltan el hecho de que el nivel de la actividad económica está en función

de la demanda. El modelo de base exportación prioriza la demanda externa, exportaciones, y la segunda, prioriza la demanda interna (Moncayo, s/f).

1.5.1.3 Ciencia Regional

Por su parte, Walter Isard, primer economista moderno en establecer un análisis de la relación entre espacio y economía, específicamente de localización industrial, reconoció la necesidad de abordar el estudio de los fenómenos económicos en su dimensión espacial. Concibió así el desarrollo de la llamada "Ciencia Regional". La concibió como un cuerpo conceptual que se constituyera en una síntesis teórica de distintas disciplinas que convergían en el estudio de los procesos económicos que tienen lugar en áreas específicas, de alguna manera definidas como regiones.

Partiendo de los supuestos planteados por Weber, reconoce la necesidad de contemplar la correspondiente orientación atendiendo al comportamiento de otros factores locativos, asimismo, también pone mucho énfasis en los costos de transporte, que los considera como parte o insumo de la producción. Del mismo modo que lo hizo Weber, Isard ofrece un modelo esquematizado en el que la obtención de la localización óptima para la actividad productiva consiste en minimizar los costes de transporte. Puntualiza que del mismo modo que se contabiliza el tiempo como variable, puede contabilizarse la distancia como unidad de medida. Estas dos inconstantes asociadas determinarían, a su vez, el precio del transporte (Thisse *et al*, 1996; Isard, 1952, 1990, 1998).

Este analiza la economía regional, tomando como base las interdependencias y los flujos entre diferentes regiones y países, algunos de los principales elementos o factores que analiza, son la localización de las actividades económicas, planificación regional y urbana, transporte, mercado de trabajo, movimientos de la población, desigualdades regionales, sector público.

1.5.2 Teorías modernas

Tomando en consideración que las teorías clásicas de localización, no consideran al espacio como heterogéneo, a fin de explicar los nuevos patrones locacionales, surgen las teorías modernas de localización, cuyo enfoque es desde un perspectiva multidisciplinaria, que consideran las economías de aglomeración y externalidades, a continuación abordamos ambas.

1.5.2.1 Nueva Geografía Económica

Aunque la teoría de la localización y la ciencia regional incorporaron el espacio en la teoría económica, estos análisis poseen una serie de limitaciones debido a que parten de supuestos poco reales, que hacen restringido el análisis de las situaciones actuales.

De acuerdo con Krugman (1999), durante los últimos años se ha incrementado el interés en los aspectos geográficos del desarrollo económico, es decir, el porqué las actividades económicas tienen verificativo en determinadas localizaciones, en otras palabras, porqué surgen las diferencias en el desarrollo económico. Surge entonces, la Nueva Geografía Económica (NGE). Krugman critica estas, señalando que son simplistas y geométricas, puesto que en muchos de los casos consideran al territorio como un plano en el que se sitúan estructuras que definen la localización de la actividad económica

La geografía económica se enfoca al estudio del lugar en el cual se produce la actividad económica y las razones por las que ésta tiene lugar en un determinado punto geográfico y no en otro. Como ya se menciono, si bien esto es importante, hasta hace poco tiempo la economía había relegado a la geografía de su campo de estudio para explicar la concentración espacial de las actividades económicas. En ese sentido, podemos decir que la Nueva Geografía Económica nos ofrece un marco teórico para el estudio de los mecanismos de aglomeración

de las actividades económicas y el impacto de las disparidades geográficas sobre las disparidades económicas. Las aportaciones Fujita *et al* (1999) y Krugman (1995, 1999) han sido pieza fundamental en el análisis de las teorías de localización que, con el paso del tiempo, han sido la clave para la creación de nuevas teorías que toman en cuenta no sólo aspectos geográficos sino también de rendimientos crecientes, externalidades y de competencia espacial (Fujita *et al* 1999; Krugman, 1995, 1999).

Fujita *et al* (1999) hacen énfasis en el estudio y análisis de la ciencia regional, para mostrar como la concentración espacial se deriva de la interacción entre las economías de escala, los costos de transporte y la movilidad de los factores de producción.

Utilizan la Teoría del Lugar Central y el concepto de potencial de mercados en un contexto de modelos regionales en donde el sector primario es inmóvil entre regiones, mientras el sector manufacturero que está sujeto a rendimientos crecientes, es móvil entre regiones.

Por otro lado, Paul Krugman (1999) identifica dentro del marco de la NGE, que la localización de una empresa se encuentra inmersa en un proceso causal que activa la presencia de fuerzas que tienden a alentar o frenar la concentración geográfica, distinguiéndolas como fuerzas centrífugas y fuerzas centrípetas, como se muestra en la tabla 2

Tabla 2 Fuerzas de aglomeración y dispersión económica

Fuerzas centrípetas	Fuerzas centrífugas
Efectos del tamaño del mercado	Factores inmóviles
Mercados de trabajo densos	Renta de suelo/desplazamientos
Economías externas	Congestión y deseconomías

Fuente: Krugman (1999:143). *The Role of Geography in Development*. **Tabla 1.** *Forces Affecting Geographic Concentration.*

Las fuerzas centrífugas son las que potencian la dispersión, son los factores inmóviles -como la tierra y los recursos naturales- que influyen en la concentración de la producción, tanto del lado de la demanda como de la oferta. Considera que la concentración de una actividad económica genera incrementos en la demanda por la tierra local, subiendo así el costo de las rentas y por tanto, desincentivando la concentración. De tal manera que concentraciones de actividades pueden generar deseconomías externas.

Por otro lado, las fuerzas centrípetas son las que fomentan la concentración geográfica de los agentes económicos. Como lo sería, un mayor mercado local crea vínculos hacia atrás, de manera que los sitios con buenos accesos a grandes mercados se prefieren como lugares de producción de bienes. Por otra parte, los vínculos hacia delante apoyan la producción local de bienes intermedios y disminución de costos. Con esto, la concentración industrial crea un mercado laboral denso especialmente para la mano de obra especializada y a su vez permite la concentración de una actividad económica.

1.5.2.2 Teoría de Externalidades

Una de las aportaciones más importantes sobre la explicación de la concentración industrial en el espacio es la de Marshall (1920). Identifica las razones que provocan este fenómeno examinando la evolución de las economías industriales y la estructura de los mercados. Introduce la noción de externalidad.

En el modelo que plantea, las empresas eligen su localización en base a los flujos de información, la disponibilidad de factores especializados y el desarrollo de un mercado de trabajo con mano de obra calificada. Estipula que las externalidades generadas por el conglomerado industrial influyen en la eficiencia y costes de las empresas. De acuerdo con Faíña & Lopez (2010), Marshall identificó tres fuentes de economías de aglomeración, las denominadas

“externalidades Marshallianas”, es decir, factores que estimulan la concentración territorial de las empresas de un sector:

- 1) *El “efecto desbordamiento de los conocimientos” (“Knowledge Spillovers”) permite que los trabajadores y profesionales puedan beneficiarse mutuamente de sus interacciones en el lugar de trabajo cuando las actividades de una industria se localizan en las proximidades de un área determinada. Se trata de una externalidad tecnológica que tiene más importancia en aquellas etapas del proceso productivo relacionadas con el desarrollo del producto.*
- 2) *La amplitud de los mercados de trabajo que permite casar de una forma más eficiente las necesidades de los empresarios con las aptitudes y capacidades de los trabajadores y además minimiza el riesgo asociado a esta búsqueda.*
- 3) *El tercer tipo de externalidades Marshallianas se origina por compartir inputs cuya producción implica rendimientos crecientes a nivel de empresa o de la industria o en general, como ocurre con las dimensiones mínimas eficientes de empresas e infraestructuras de gran tamaño, debido a la indivisibilidad de activos y costes fijos y a las economías de escala (Faíña & López, 2010).*

Es por eso, que la aglomeración (concentración de industrias) y en particular el tamaño del mercado ofrecen grandes ventajas para estas, reflejadas a través de una cualificación de los trabajadores y la potenciación del capital humano en las actividades productivas (Faíña & López, 2010).

Estas, pueden considerarse como:

- **“Economías de localización”**, cuando afectan a un sector o industria;
- **“Economías de urbanización”** y **“aglomeración”**, cuando recaen sobre las actividades económicas en general.

Por otro lado, nos encontramos con Hoover (1948), quien amplía el concepto de economías de aglomeración desarrollado por Weber, distinguiéndolas en tres tipos:

- Las economías de escala;
- Las de localización; y
- Las que corresponden a la urbanización.

Las primeras están relacionadas con las plantas más grandes que generan rendimientos crecientes a escala. En tanto, las economías de localización consideran las economías internas al mismo sector industrial en donde se ubica la empresa, y se producen en términos de ganancia derivada de la localización próxima a otras industrias pertenecientes a la misma actividad (por la minimización de costes de producción); y finalmente, el tercer tipo se refiere a las economías externas que genera una empresa y se extienden a la industria, viéndose como un bien público del que todos pueden apropiarse debido a que comparten la misma localización aunque pertenezcan a diferentes sectores (Ferreira, 1988).

La literatura más reciente ha definido a estas últimas como economías de aglomeración. Es decir, las economías de aglomeración son consideradas como la concentración de la actividad económica y de recursos de los cuales se benefician todos los establecimientos localizados en un espacio geográfico determinado.

Hoover plantea que las empresas elegirán localizarse en función de los factores que necesiten, los mercados (internos y externos) y de los costes de transporte. Con este planteamiento la teoría de la localización industrial se fundamenta principalmente en la proximidad geográfica (Ferreira, 1988).

Por otra parte, Glaeser *et al.* (1992) y Henderson *et al.* (1995) postulan que la formación y desarrollo industrial de las regiones están condicionados por la presencia de externalidades estáticas y dinámicas.

Las externalidades dinámicas: son economías externas que fomentan la localización y el crecimiento; y las estáticas: son economías externas que fomentan la localización y aglomeración de la actividad, esta clasificación es muy seguida por otros autores.

Romer (1986) y Lucas (1988) resaltan el papel de las economías dinámicas de información como motor del crecimiento.

Según Henderson *et al.* (1995), las externalidades dinámicas hacen referencia a los *spillovers* de información acumulados en el tiempo sobre aspectos tecnológicos y de otros tipos (marketing, diseño, gestión) que ocurren entre empresas del mismo sector que se encuentran espacialmente próximas.

De acuerdo con Glaeser *et al* (1991) y Henderson *et al* (1995) el desarrollo industrial de una región se da por la presencia de externalidades dinámicas basadas en la acumulación de información en el territorio.

Así mismo Glaeser *et al* (1992) distinguen entre:

- Externalidades tipo MAR (Marshall, Arrow, Romer), definidas como externalidades intraindustriales en contextos oligopolísticos.
- Externalidades tipo Porter o intraindustriales con mercados competitivos; y
- Externalidades tipo Jacobs o interindustriales también con mercados competitivos.

Las externalidades tipo MAR, se enfocan al desbordamiento del conocimiento en una industria o a las llamadas “externalidades intraindustriales”.

Arrow en su modelo de crecimiento dinámico considera que el crecimiento es incentivado por la experiencia “*learning by doing*”.

Romer, plantea un modelo de crecimiento de largo plazo y considera como factor central a la acumulación del conocimiento “*Knowledge*”.

Externalidades tipo Porter, comparten con las de MAR la defensa de la concentración industrial como factor generador de crecimiento. Al igual que los teóricos de la teoría MAR, Porter (1990) señala que al interior de las industrias el proceso de derrame tecnológico posee una velocidad superior al que se puede presentar entre empresas de sectores industriales diferentes.

A diferencia de la teoría MAR, la teoría de Porter propone que la competencia es un medio para forzar a las industrias a innovar en sus procesos productivos. Aunque a largo plazo el beneficio económico de las empresas en ambientes competitivos es nulo, la única forma de mantenerse en el mercado es innovar más que el resto de los competidores. Por esta razón, Porter plantea que las ciudades en las que predominan las estructuras de mercado competitivas tienden a crecer más rápidamente (Campo, 2008).

Externalidades tipo Jacobs (interindustriales), definidas por Jacobs (1969) hacen referencia a los efectos positivos sobre la eficiencia de las empresas de un sector dado derivados de los flujos de información procedentes de actividades distintas.

Jacobs sostenía que las empresas se benefician de la diversidad del entorno en mayor grado que de la concentración de la propia industria debido a la especial relevancia de la fertilización cruzada de ideas entre empresas.

Es decir, según Jacobs las externalidades interindustriales serían más importantes que las externalidades intraindustriales.

La teoría de Jacobs, sostiene que un mayor grado de diversificación estimula el crecimiento. Respecto al nivel de competencia local, y que el crecimiento depende positivamente del grado de competencia del sector. Las tres teorías comparten una visión del crecimiento donde las externalidades determinan la evolución del empleo industrial (Gleaser *et al*, 1992).

De lo anterior podemos deducir, que los principales factores tradicionales de la localización industrial pueden resumirse en términos de costo de transporte de materias primas y productos acabados, costo de mano de obra y factores de aglomeración y desaglomeración.

Una vez que los dos primeros elementos hayan definido la localización de una empresa, los factores de aglomeración (externalidades, como aprovechamiento de operarios ya entrenados por otras firmas, o acceso al *know how* en la utilización y en el mantenimiento de equipos, entre otros) y de desaglomeración (por ejemplo, renta de la tierra, congestiones, contaminación) determinan el grado de proximidad de tales empresas entre sí.

Además de esos, otros elementos clásicos de localización se presentan en la tabla 3.

A pesar de las restricciones de la teoría clásica, los factores de localización clásicos aún tienen significativo poder de explicación de las ventajas y desventajas de las regiones para atraer empresas, proporcionando soporte en la identificación de las tendencias a la aglomeración o dispersión de las actividades económicas.

Según Hamilton (1971) « *una vez elegida un localidad, hay que encontrar una situación para la fabrica... que debe asegurar, normalmente, las disponibilidad de un terreno adecuado, las facilidades de acceso y extensión futura, adecuado suministro de agua, energía eléctrica, clase y calidad correcta de servicio de transporte* » y tener en cuenta las necesidades de la fábrica en cuanto a cantidad de suelo y características del suelo y dotaciones.

De acuerdo con Palacios (1997) la localización fabril se ha concentrado en algunos casos en valles para aprovechar la energía hidráulica obtenida de los cursos fluviales ó la utilización del agua para actividades complementarias.

Tabla 3 Factores de Localización tradicionales

Disponibilidad y costo de transporte	Proximidad y dimensión de los mercados de consumidores.
Disponibilidad y costo de la mano de obra.	Clima de la región y calidad de vida.
Disponibilidad y costo del agua y energía.	Disponibilidad y costos de terrenos.
Proximidad y suministros de insumos materiales	Topografía
Remoción de aguas residuales y residuos	Costo de producción mantenimiento y montaje.

Fuente: Barquette (2002). Factores de Localización de Incubadoras y Empresas de Nueva Tecnología.

De ahí la importancia del cuidado del recurso hídrico, a fin de garantizar una ventaja comparativa, y así atraer industrias y mantener a las que ya están instaladas.

Una vez realizada una breve reseña de las teorías de localización industrial, se expone una revisión literaria sobre estudios que abordan el tema del recurso hídrico, desde el punto de vista económico, en los cuales, ponen de relieve la importancia económica de esta y la imperante necesidad de cambiar el paradigma sobre ella hacia un desarrollo sustentable, que nos garantice esta a largo plazo.

1.6 Estudios sobre impacto económico del agua

La literatura referente al impacto económico del tratamiento de agua, ya sea industrial o residual, no es muy basta debido a lo relativamente nuevo del interés que causa la escasez de la misma. A continuación se presenta una revisión de trabajos que abordan el tema en diferentes países.

De acuerdo con Anderson (1992) existe una relación dialéctica entre el medio ambiente y el desarrollo económico, por ello las soluciones eficaces a los problemas ambientales son un medio de mejorar las perspectivas del crecimiento económico de un país, así mismo adecuadas políticas públicas, ayudan a mejorar las expectativas del crecimiento económico ayudarán a tratar los problemas

ambientales. Considera además, que los costos de evitar la contaminación o los daños al medio ambiente, son a menudo menores que los costos de incurrir en ella, por lo cual es mejor prevenir que lamentar

1.6.1 Estudios en el Mundo acerca del impacto del agua dentro de la economía

Se han realizado algunos trabajos en la Unión Europea (UE). Hitchens, *et al* (1998) investigaron el impacto en la competitividad y el empleo nacional de la UE con la regulación ambiental de los residuos en la elaboración de alimentos; su estudio se enfocó a PyMes¹⁵ de carne y leche, ubicadas en el este de Antigua, Alemania Occidental, Irlanda, Irlanda del Norte y el norte y el sur de Italia.

Infirieron que el hecho de que las empresas trataran el agua estaba relacionado positivamente con el nivel de competitividad y examinaron el comportamiento de la productividad de las plantas, el uso del agua y los costos, los costos por el tratamiento de residuos de agua, los costos de eliminación de residuos sólidos y las iniciativas de reducción, las iniciativas ambientales, llevadas a cabo por empresas, para reducir los residuos, la calidad del vertido de aguas residuales, la frecuencia de las inspecciones oficiales, y el grado de cumplimiento además de la relación entre el rendimiento económico y el desempeño ambiental, la productividad y los efectos sobre el empleo de la regulación de residuos y la importancia de la reglamentación ambiental y los costos ambientales para la competitividad de la empresa.

Abeygunawardena (1999) mostró diez estudios de casos que ilustran enfoques prácticos para el análisis económico del medio ambiente, en situaciones donde la información y el tiempo disponible para la evaluación eran limitados y costosos. Analizaron cuestiones importantes, métodos y retos en la evaluación

¹⁵ Pequeñas y Medianas Empresas.

económica de los impactos ambientales de proyectos de desarrollo, siendo los casos: Proyecto del Sector Forestal en Bangladesh, el Centro Integrado de Sulawesi del Área de Desarrollo y Conservación del proyecto en Indonesia, el Manejo de la Cuenca Alta Proyecto en Sri Lanka, el Proyecto de Manejo de Aguas Residuales en Tailandia, la cuenca del río Klang Mejora Ambiental y Proyecto de Mitigación de Inundaciones en Malasia, la Korangi gestión de aguas residuales del proyecto en Pakistán, el Jamuna Puente Ferroviario Proyecto Link en Bangladesh, Xian-Xianyang-Tongchuan Mejoramiento Ambiental proyecto en China, la de Anhui de Mejoramiento Ambiental para el Proyecto Municipal de Tratamiento de Aguas Residuales y de Reducción de Contaminación Industrial en China, Yunnan y el Proyecto de Transmisión de Potencia Dachaoshan en China.

Dasgupta *et al* (1996) estudiaron los beneficios causados por la reducción de la contaminación del agua en la industria china, utilizaron un modelo econométrico con base al estudio costo-eficiencia de la política de control de la contaminación en China, tomando una muestra de 260 fábricas; los resultados de este análisis sugieren que el cambio a un sistema completo de emisiones de carga reduciría, en gran medida, los costes de producción ligados a la disminución en la contaminación, siendo beneficioso para el desarrollo económico.

Por otro lado en África, Adeoti (2001) estudió los cambios técnicos encaminados a la mitigación de las deseconomías externas de las actividades de producción en los países en desarrollo del África subsahariana. Sobre la base de información empírica detallada de las características de la contaminación del agua, en los sectores de mayor intensidad en Nigeria (alimentos-bebidas y textiles) presentó pruebas de una encuesta reciente, que demostró que la política medioambiental, en particular, la del control de la contaminación con aguas residuales industriales, fue eficaz para estimular la inversión en las empresas.

1.6.2 Estudios en América Latina y México

Se han analizado aspectos económicos de tratamiento de aguas residuales, así como las tecnológicas viejas y nuevas, aspecto financieros y las opciones de aplicación disponibles para el tratamiento de aguas residuales y su reutilización.

Idelovitch *et al* (1997) analizaron diversos proyectos en Chile, México y Argentina, donde el sector privado era capaz de participar en el agua y tratamiento de aguas residuales en virtud de construir, poseer, operar y contar con contratos de transferencia. La publicación se centró en el debate sobre la gestión de aguas residuales y las formas de invertir en su tratamiento.

En Brasil, Féres *et al* (2005) analizaron la demanda de agua por las plantas de Brasil y evaluaron los posibles impactos de las políticas sobre el uso industrial del agua. Mostraron que existió evidencia de la mejora de la calidad del agua y las políticas de conservación de ésta.

Dentro de la literatura nacional es poco lo que se ha hecho, no obstante, se encontraron tres estudios.

Guajardo *et al* (2001) realizó un estudio sobre los efectos de la oferta de agua en el producto, ingreso y empleo para el estado de Nuevo León. Utilizaron una matriz insumo producto (MIP) regional con énfasis en el agua, la cual fue construida en tres etapas; la primera consistió en una actualización de la MIP nacional, la segunda regionalizó para el estado de Nuevo León; por último construyó tres escenarios con tres niveles de agregación del agua: en el primer escenario el agua forma parte del sector eléctrico, gas y agua; el segundo escenario separa al agua de los otros dos sectores; y en el tercero el agua es desagregada a cuatro niveles: agua potable, subterránea¹⁶, negras y residuales,

¹⁶ Aguas dulces que yacen bajo la superficie terrestre percolada a través de poros, arena, grava o camas de piedra y son utilizadas principalmente como agua de riego y para consumo humano.

los resultados que obtuvo mostraron que el sector estudiado tenía impactos significativos sobre el resto de la economía, ocupando el tercer lugar en la generación de empleo solo por detrás del sector agrícola y de la construcción.

Chávez (2006) realizó un estudio sobre el uso sustentable del agua en las ciudades del norte de México, enfocándose a la escasez y uso ineficiente de ésta en la ciudad de Saltillo, Coahuila; debido tanto a las condiciones hidrográficas de la zona de estudio, como por el rápido desarrollo económico que tuvo, derivado del TLCAN, la región de estudio fue la Zona Conurbada de Saltillo, Ramos Arizpe y Arteaga, Coahuila. Encontró que el agua es un recurso limitado en la región, había elevadas pérdidas del ésta, sobreexplotación de los mantos acuífero y se hacía un uso ineficiente del líquido, concluyó que era necesario la implementación de políticas públicas más activas en los tres niveles de gobierno para la conservación y protección del agua, así mismo señaló que era necesario introducir un cambio en los patrones de uso para lograr un uso y manejo sustentable.

Zerlentes *et al* (2009) enfocaron su estudio a la industria maquiladora mexicana, encontraron que el continuo crecimiento de ésta sugería que puede haber efectos indirectos de producción significativa en el medio ambiente local. Construyó un modelo de panel dinámico de datos utilizando el programa STELLA, proporcionó un marco para la cuantificación de los impactos ambientales que emanan del crecimiento de la industria de la maquila, centrándose en las consecuencias resultantes del tratamiento de aguas residuales y las consideraciones de política de infraestructura. El estudio se realizó para Nogales y Mexicali, que enfrentaban preocupaciones potenciales del tratamiento de aguas residuales debido al crecimiento de las maquilas cercanas. Los resultados revelaron que las mejoras del sistema debía ser capaz de manejar las demandas hasta el 2020.

Conclusiones

Desde el siglo XVIII los economistas se han preocupado por la relación entre recursos naturales y economía, reconociendo que esta es negativa, pues a cada avance económico deviene la degradación del medio ambiente; no obstante, fue hasta la década de los setenta que los gobiernos internacionales tomaron conciencia del daño que el desarrollo económico le estaba ocasionando al medio ambiente y fue entonces que tomaron medidas al respecto que culminó con la cumbre de Río, en donde se tomaron acuerdos de carácter internacional, que aun y cuando no eran obligatorios para los signatarios, si se vislumbró la intención de llevarlos acabo a fin de preservar los recursos naturales; pero no fue hasta 1987 que apareció el termino de desarrollo sustentable, como *“aquel desarrollo que satisface las necesidades presentes, sin comprometer el bienestar de las generaciones futuras”*.

La explotación de los recursos naturales ha generado una serie de posturas, respecto de cómo se deben abordar las externalidades negativas que la sobreexplotación de estos genera.

Por un lado están los seguidores de la teoría coasiana que considera que el mercado a partir de su mano invisible se autorregula, en ese sentido, se debe dejar a los particulares el tratamiento de estas, es decir, que aquel que contamine le pague al que le genere un perjuicio. Por otro lado están los seguidores de la teoría puguoviana que considera que es el estado el que debe regular esta, imponiendo cargas a los agentes contaminadores y subvenciones a los que no contaminan.

Las diversas teorías de localización industrial, han evolucionado a fin de explicar los factores que inciden sobre las decisiones locacionales de la firmas, pasando desde teorías en las cuales las ubicaciones de estas estaban condicionadas solo en función de los costos de transporte y la distancia, pues consideraban el espacio como homogéneo, hasta las nuevas teorías de

localización, en las cuales el espacio es considerado como heterogéneo y por tanto, dentro de este no todos los recursos naturales están disponibles en igual cantidad, lo cual limita ciertas regiones, así mismo, dentro de estas, se señala que las externalidades explican también en gran medida las localizaciones de las empresas, en ese sentido fuertes economías de aglomeración y concentración generan un ancla hacia las regiones, atrayendo así a las firmas.

En ese sentido, los recursos naturales se están agotando debido a la sobreexplotación que el hombre en aras del desarrollo hace de ellos, hasta el punto de llegar a representar un obstáculo para el crecimiento económico de un país; por lo que aún bajo los lineamientos de la teoría clásica de localización industrial estos han ido ganando terreno, al momento de que las firmas toman la decisión de localizarse en un territorio o en otro.

En la actualidad, existen diversos estudios económicos, que estudian el impacto económico y la necesidad de la conservación del agua, desde una perspectiva de la economía sustentable, sobre todo en lugares o regiones en donde esta es limitada, poniendo de manifiesto la imperante necesidad de promover políticas públicas que incentiven el tratamiento y reciclado del agua, dentro de los procesos industriales, a fin de garantizar el abastecimiento de esta a largo plazo.

CAPÍTULO 2 MARCO DESCRIPTIVO Y ANTECEDENTES

En este capítulo se revisará la situación actual del agua en México a fin de tener una visión general de los problemas que se presentarán en el futuro cercano referentes a la disponibilidad y usos de la misma. Así mismo se hace referencia a la imperante necesidad de promover una política que impulse el tratamiento y reciclado del agua residual por parte de la industria.

Para ello, se conocerá todo lo referente al uso de los recursos hídricos del país, es decir, las regiones hidrológicas del país, el abastecimiento y disponibilidad del agua así como los usos que se le dan al agua; al mismo tiempo se conocerán los escenarios futuros a los que el país se enfrentará en el tema de este recurso.

Por último se demostrará la necesidad de implantar un programa de tratamiento y reciclado del agua por parte de la industria, con lo que se demostrará la viabilidad técnica del funcionamiento plantas tratadoras de aguas residuales (PTARs). Ello abrirá la oportunidad para demostrar de forma económica y financiera dicho beneficio.

Todo esto se hará, tomando como base la información que emite la CNA, autoridad encargada del recurso hídrico en México, y por tanto la única facultada para dar a conocer información oficial respecto de la situación que guarda el agua en el país, por tanto este capítulo está basado en información oficial tomada de la CNA (2008; 2010a).

2.1 El agua en México

De lo expuesto en el capítulo anterior, donde se pone de manifiesto que en la actualidad la disponibilidad de agua puede generar rezago económico, hay que poner en contexto tanto la situación socioeconómica como hidrográfica de México, cuáles son sus recursos hídricos, el estado que estos guardan, los usos que se le

da al agua en el país y los escenarios futuros que se presentarán para poder tomar las decisiones adecuadas y poder implantar desde ahora, programas que promuevan el tratamiento y reciclado agua residual industrial que conlleven a una mejor disposición de este vital líquido en el país.

2.1.1 Situación geográfica y socioeconómica de México

México es una República Federal formada por 31 Estados y un Distrito Federal (D.F.), mismos que están constituidos por 2,440 municipios¹⁷; su posición geográfica se muestra en la figura 1 (Cuéntame, 2010).

Figura 1 Posición geográfica por entidad federativa en México



Fuente: SCHLEGEL BLOG (2010) Mapas de México con nombres. Disponible en línea en: <http://schlegelpsgualtierio.blogspot.com/2010/05/mapa-de-mexico-con-nombres.html>

¹⁷ Los datos disponibles en cuéntame, se basan en el Marco Geoestadístico Nacional 2005 del INEGI, por lo que puede existir en la actualidad alguna discrepancia en la información.

En la tabla 4 se muestran algunas de las principales características socioeconómicas y geográficas de México.

Tabla 4 Características Socioeconómicas de México

Producto Interno Bruto (PIB)	8,481,447 a/	Miles de millones de pesos de 2003
PIB per cápita	79,501.75 b/	Pesos de 2003
Población Económicamente Activa	42,915,615 c/	Personas
Ocupada		
Extensión territorial del país	1,964,375	Km ²
	1,959,375	Km ² Extensión territorial continental
	5,127	Km ² Extensión territorial insular
Fronteras	3,152	Km Con USA
	956	Km Con Guatemala
	193	Km Con Belice d/

a/ Para el año 2008

b/ Idem

c/Para el año 2009

d/ Excluye 85,266 kilómetros de límite marítimo en la bahía de Chetumal

Fuente: Elaboración propia en base a datos de INEGI. Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2009 y Dirección de Cuentas de Corto Plazo y Regionales.

Dentro del territorio nacional a partir de estudios de la CNA, el Instituto Nacional de Estadística (INEGI) y el Instituto Nacional de Ecología (INE), se han identificado 1,471 cuencas hidrográficas, estas para fines de publicación de la disponibilidad de aguas superficiales¹⁸, se han subdividido en 728 cuencas hidrológicas (CNA, 2008).

Desde 1997, para efectos de preservación y administración de las aguas nacionales, México está dividido en 13 Regiones Hidrológico-Administrativas. Constituidas por agrupaciones de cuencas, las cuales a fin de facilitar la integración de la información socioeconómica, se procura que se respeten los límites municipales, mismas que se muestran en la figura 2 (CNA, 2008; CNA, 2010a). De igual forma se divide por cuencas hidrológicas, organizadas en 37

¹⁸ Recurso que se encuentra localizado sobre el suelo; como ríos, lagos, lagunas, estuarios, presas de almacenamiento, etcétera.

regiones hidrológicas que se muestran en la figura 3 (CNA, 2010a). En la tabla 5 se describen las características de cada una de ellas.

Figura 2 Regiones Hidrológico-Administrativas y sus sedes



Fuente: CNA (2010ª:11). Estadísticas del Agua en México. Edición 2010 "10 años de presentar al agua en cifras" Comisión Nacional del Agua. Mapa M1.3 Regiones Hidrológico-Administrativas y sus sedes.

Figura 3 Regiones hidrológicas de México



Fuente: CNA (2010^a:19). Estadísticas del Agua en México. Edición 2010 "10 años de presentar al agua en cifras" Comisión Nacional del Agua. Mapa M2.1 Regiones Hidrológicas.

Tabla 5 Características de las regiones hidrológicas

Región Hidrológica	Extensión territorial (km ²)	Precipitación media anual 1941-2003 (mm)	Escurrimiento natural medio o superficial interno (hm ³)
1 Baja California Noroeste	28,492	195	342
2 Baja California Centro-Oeste	44,314	102	246
3 Baja California Suroeste	29,722	167	223
4 Baja California Noreste	14,418	136	112
5 Baja California Centro-Este	13,626	101	81
6 Baja California Sureste	11,558	223	143
7 Río Colorado	6,911	117	17
8 Sonora Norte	61,429	227	200
9 Sonora Sur	139,370	476	5,259
10 Sinaloa	103,483	727	13,915
11 Presidio-San Pedro	51,717	784	8,244
12 Lerma-Santiago	132,916	763	13,743
13 Río Huicicila	5,225	1,215	1,676
14 Río Ameca	12,255	942	2,579
15 Costa de Jalisco	12,967	1,166	6,079
16 América-Coahuayana	17,628	824	3,882
17 Costa de Michoacán	9,205	1,000	1,635
18 Balsas	118,268	973	24,944
19 Costa Grande de Guerrero	12,132	1,235	6,091
20 Costa Chica de Guerrero	39,936	1,397	18,714
21 Costa de Oaxaca	10,514	1,293	3,389
22 Tehuantepec	16,363	1,011	2,606
23 Costa de Chiapas	12,293	2,351	9,703
24 Bravo-Conchos	229,740	422	7,398
25 San Fernando-Soto la Marina	54,961	666	4,236
26 Pánuco	96,989	942	19,087
27 Norte de Veracruz (Tuxpan-Nautla)	26,592	1,575	16,034
28 Papaloapan	57,355	1,809	50,887
29 Coatzacoalcos	20,217	2,269	44,141
30 Grijalva-Usumacinta	102,465	1,903	73,467
31 Yucatán Oeste	25,443	1,196	591
32 Yucatán Norte	58,135	1,064	0
33 Yucatán Este	38,308	1,243	1,125
34 Cuencas Cerradas del Norte	90,829	346	1,564
35 Mapimí	62,639	301	580
36 Nazas-Aguanaval	93,032	289	2,508
37 El Salado	87,801	434	1,641
Total Nacional	1,949,248	31,884	347,082

Fuente: Gerencia de Aguas Superficiales, CNA

2.1.2 Usos del agua en México

Por lo que hace a los usos del agua en México, existen dos tipos de usos de agua:

- Uso consuntivo, comprende aquellos en los cuales el hídrico se transportada desde su origen hasta su lugar de uso, y una vez que esta es utilizada la totalidad o parte de ella no regresa al cuerpo de origen.
- Uso no-consuntivo, abarca aquellos usos en los que el agua se utiliza en el mismo cuerpo de agua o con un desvío mínimo.

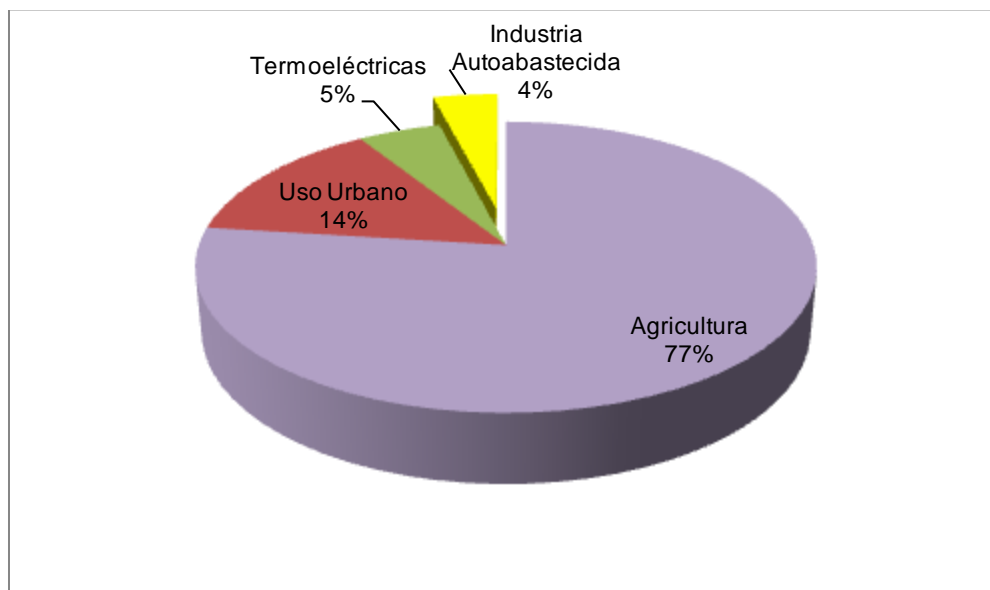
En realidad no se tiene calculado a ciencia cierta el volumen de agua utilizada en el país, pero se puede inferir, a partir de los datos registrados en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA¹⁹), en el cual se tienen registrados los volúmenes concesionados a los usuarios de aguas nacionales. Se infiere que los concesionarios utilizan casi la totalidad del volumen concesionado y que en este se encuentran inscritos la mayoría de estos.

Según datos de la CNA (2010a), cerca del 77 por ciento se utiliza en la agricultura, alrededor del 14 litros de cada 100 tiene uso urbano, el 5 de cada 100 se utiliza en termoeléctricas y el 4 por ciento que resta es empleado por industrias que tienen pozos propios (industria autoabastecida), en la gráfica 1 se muestra la distribución acerca de los usos del agua en México.

Si bien es cierto que los usos tanto urbanos como industriales están muy por debajo del uso agrícola, los impactos medioambientales se estos sobre la capacidad de regeneración del agua son más agravantes (Odum, 1969:13).

¹⁹ En él se clasifican los usos del agua en 12 rubros, agrupados en cinco grandes grupos; cuatro de ellos corresponden a usos consuntivos: agrícola, abastecimiento público, industria autoabastecida y termoeléctricas, y por último el hidroeléctrico, que se contabiliza aparte por corresponder a un uso no consuntivo.

Gráfica 1 Distribución porcentual de los diversos usos del agua en México, 2010



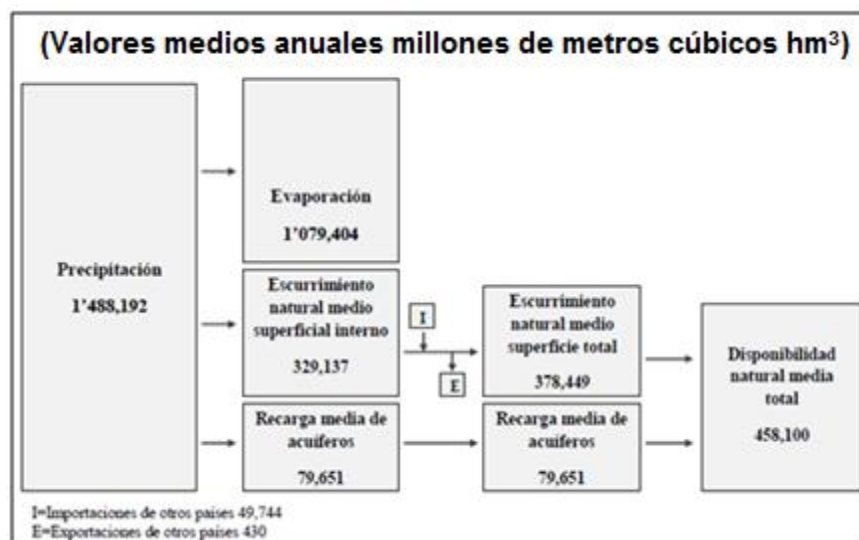
Fuente: Elaboración propia en base a datos de CNA (2010a). Estadísticas del Agua en México, edición 2010 “10 años de presentar al agua en cifras”

2.1.3 Disponibilidad de agua en México

Anualmente en México ocurren 1,488 miles de millones de metros cúbicos de agua ocasionados por precipitación. De las precipitaciones recibidas 72.5 litros de cada 100 se evaporan, 4.42 litros de cada 20 se escurren hacia los ríos o arroyos y 0.54 litros de cada 10 se infiltran al subsuelo y recarga los acuíferos, a partir de estos se estima que anualmente se cuenta con 458 mil millones de metros cúbicos de agua dulce renovable, denominada disponibilidad natural media, la figura 4 muestra los componentes y valores de dicha disponibilidad (CNA, 2008).

Las importaciones se refieren al volumen de agua generado en los países con los que México comparte cuencas y que escurre hacia México. Las exportaciones al volumen de agua que México debe entregar a Estados Unidos de América conforme al Tratado de Aguas de 1944 (CNA, 2008).

Figura 4 Componentes del ciclo hidrológico de México



Fuente: CNA (2008:24). Estadísticas del Agua en México. G2.1 Valores medios anuales del ciclo hidrológico en México. Página.

La disponibilidad natural media *per cápita*²⁰ en el país, durante el periodo de 1950 a 2007, ha disminuido drásticamente pues paso de 17,742 m³/hab/año a 4,312 m³/hab/año (CNA, 2008).

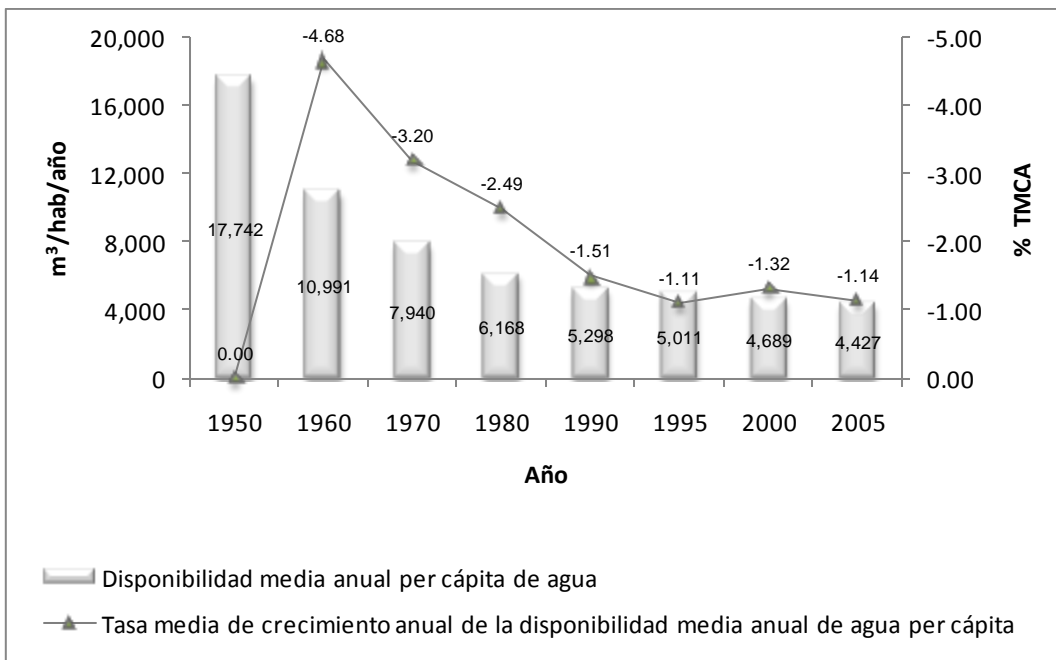
Es de resaltarse que durante todo el periodo la disponibilidad de agua media anual *per cápita* tuvo Tasas Medias de Crecimiento Anual²¹ (TMCA) negativas, siendo la más altas, las ocurridas durante los periodos 1950-1960 y 1960-1970, con -4.68 por ciento y -3.20 por ciento respectivamente, de igual forma se observa que para los periodos 1990-1995, 1995-2000 y 2000-2005, las TMCA tienen una tendencia casi homogénea de -1 por ciento, -1.11 por ciento durante 1990-1995, -1.32 por ciento para el periodo 1995-2000 y -1.14 para 2000-2005.

²⁰ Ésta resulta de dividir el valor de la disponibilidad media nacional entre el número de habitantes.

²¹ Las TMCA se calcularon de la siguiente forma: $TMCA = \left(\sqrt[n-1]{VN_1/VN_0} \right) - 1 * 100$ donde n es el número de observaciones, VN_1 es el valor neto de la última observación; VN_0 es el valor neto de la primera observación.

En la gráfica 2 se muestra el comportamiento de ésta durante el periodo comentado.

Gráfica 2 Variación y Tasas Medias de Crecimiento Anual de la disponibilidad natural media *per cápita* del agua, de 1950 a 2005 (m³/hab/año)



Fuente: Elaboración propia, en base a CNA (2008). Estadísticas del Agua en México edición 2008

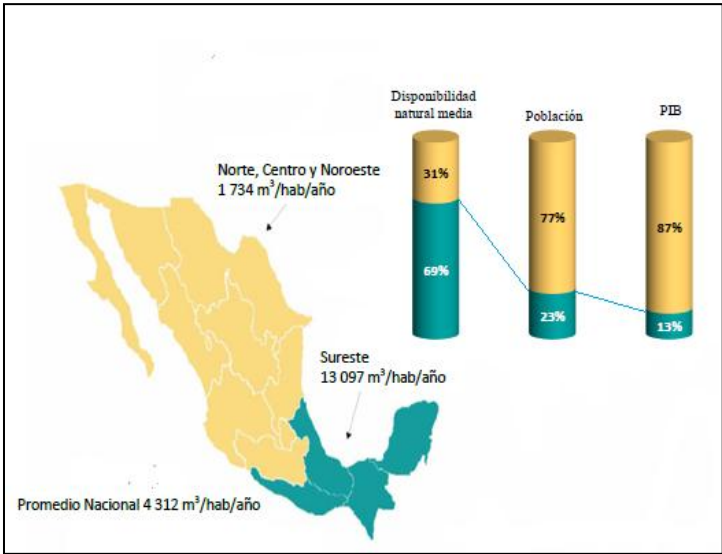
En algunas Regiones Hidrológico-Administrativas, como: I Península de Baja California, XIII Aguas del Valle de México, VI Río Bravo y VIII Lerma-Santiago-Pacífico, el valor del agua renovable *per cápita* es preocupantemente bajo. Los anexos 1 y 2 muestran los valores de agua renovable en cada una de las regiones del país para los años 2007 y 2009 (CNA, 2008; CNA, 2010a).

Analizando los anexos 1 y 2, en lo referente a la disponibilidad de agua media *per cápita* para la región hidrológica Río Bravo, podemos observar que esta disminuyó, pues paso de 1,124 m³/hab/año, a 1,101 m³/hab/año durante el periodo 2007 a 2009 (CNA, 2008; CNA, 2010a), por lo que, ante la disminución de la disponibilidad de agua media renovable, a fin de cubrir con la demanda de agua tanto doméstica como industrial se ha ejercido presión sobre al agua subterránea, la cual no es renovable. Por otro lado, se considera que un país o región vive en

estado de estrés hídrico si su agua renovable es de 1,700 m³/hab/año o menos (Gleick, 2002). Luego entonces, la ZMS, que corresponde a la región hidrológica Río Bravo, de acuerdo con los estándares mundiales, es considerada muy baja.

Atendiendo a las condiciones geografías y climáticas, en México se pueden identificar dos grandes zonas de disponibilidad del agua contrapuestas entre sí; la primera comprende el sur y sureste de México, y la segunda el norte, centro y noroeste del país, la zona sur tiene casi siete veces más disponibilidad de agua que la norte; sin embargo, en esta se concentra el 77 por ciento de la población y se generan casi nueve pesos de cada diez de valor agregado de la economía nacional (CNA, 2008). En la figura 5 se ilustra la disparidad entre esas dos zonas en cuanto a su disponibilidad de agua y su contribución dentro de la actividad económica nacional.

Figura 5 Contraste entre el desarrollo y la disponibilidad de agua en México 2008



Fuente: CNA (2008). Estadísticas del Agua en México. M1.4 Contraste entre el desarrollo y la disponibilidad del agua, 2007. Página 16.

Es de resaltarse que la disponibilidad natural media de agua considera únicamente el agua renovable, es decir, de lluvia que se transforma en escurrimiento superficial y en recarga de acuíferos y sólo se utiliza para fines de referencia. La disponibilidad para efectos administrativos es determinada conforme

a la norma NOM-011-CNA-2000, que resulta de sustraer las extracciones de agua (entre otras cosas) a la disponibilidad natural media.

Puesto en contexto la distribución del agua en México, resaltando la divergencia tanto climática como económica entre el norte y el sur, a continuación se revisará el estado que guardan tanto las aguas superficiales como las subterráneas del país.

2.1.3.1 Aguas superficiales

La red hidrográfica del país, está compuesta de los ríos y arroyos que se localizan en el territorio nacional, cuenta con una extensión de 633 mil kilómetros, de la cual el 87 por ciento del escurrimiento superficial del país se concentra en cincuenta ríos, cubriendo el 65 por ciento de la superficie de la extensión territorial continental. Dos terceras partes del escurrimiento superficial ocurre en siete ríos: Grijalva-Usumacinta, Papaloapan, Coatzacoalcos, Balsas, Pánuco, Santiago y Tonalá. Por la superficie que abarcan, destacan las cuencas de los ríos Bravo y Balsas. Por su longitud destacan los ríos Bravo, Grijalva – Usumacinta (CNA; 2010a).

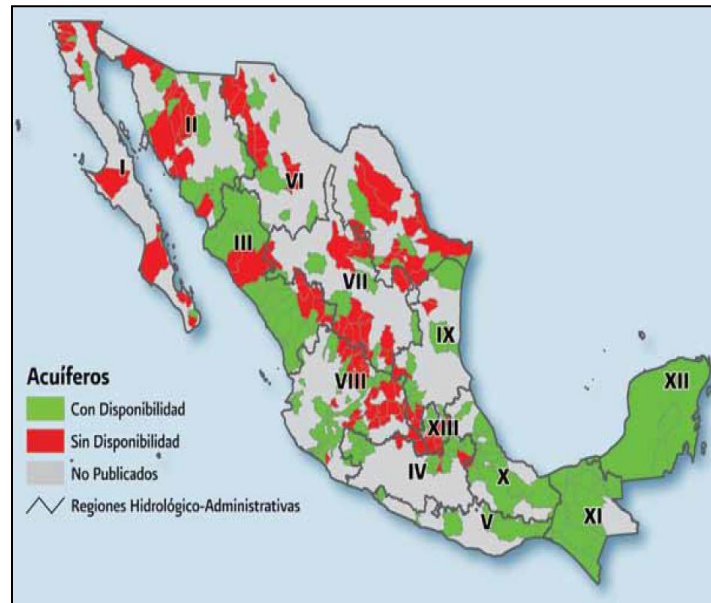
2.1.3.2 Aguas subterráneas

Las aguas subterráneas son muy importantes para México, pues cerca del 37 por ciento (29.5 miles de millones de m³/año al 2008) del volumen total concesionado para usos consuntivos, es de origen subterráneo (CNA, 2010a).

Para fines de administración del agua subterránea, el país se divide en 653 acuíferos, de los cuales hasta el 31 de diciembre de 2009 había 282 acuíferos con disponibilidad para extracción, las cuales se han publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF), de estos se extrae el 84 por ciento del agua subterránea

del país (CNA, 2010a). En la figura 6, se pueden observar todos los acuíferos publicados hasta el 2009

Figura 6 Acuíferos cuya disponibilidad fue publicada en el Diario Oficial de la Federación hasta el 31 de diciembre de 2009



Fuente: Estadísticas del Agua en México, edición 2010 “10 años de presentar al agua en cifras”. M.5.3 Acuíferos con disponibilidad publicada a 2009. Página 126.

En la década de los setentas, se incremento sustancialmente la sobreexplotación de los acuíferos que alimentan el territorio nacional, en 1975 había 32 acuíferos sobreexplotado, 80 en 1985, y 101 acuíferos sobreexplotados al 31 de diciembre de 2008, las TMCA de la sobreexplotación de los acuíferos dentro del país, fueron de 9.60 por ciento durante el periodo 1975-1985 y 1.02 para 1985-2008. De estos se extrae el 58 por ciento del agua subterránea para todos los usos (CNA, 2010a). Durante el periodo 2007-2008, la región hidrológico-administrativa Península de Baja California tuvo un TMCA de acuíferos sobreexplotados del 14.29 por ciento, en contraposición la región Río Bravo mostró una TMCA negativa de -6.67 por ciento, esto nos dice que en la primera, se ejerció mayor presión sobre los mantos acuíferos agravando la sobreexplotación de estos, y que en la segunda hubo una recuperación de los

mantos acuíferos. La estadística de acuíferos se presenta en la tabla 6 y la figura 7, muestra los acuíferos sobreexplotados.

Figura 7 Acuíferos sobreexplotados por Región Hidrológico-Administrativa, 2008



Fuente: Estadísticas del Agua en México, edición 2010 “10 años de presentar al agua en cifras”. M2.8 Acuíferos sobreexplotados por Región Hidrológico-Administrativa, 2008. Página 45.

Tabla 6 Acuíferos del país, por Región Hidrológico-Administrativa, 2008

Región Hidrológico-Administrativa	Total	2007		Total	2008		TMCA 2007-2008
		SE	% SE		SE	% SE	
I Península de Baja California	87	7	8.05	87	8	9.20	14.29
II Noroeste	63	13	20.63	63	13	20.63	0.00
III Pacífico Norte	24	2	8.33	24	2	8.33	0.00
IV Balsas	46	2	4.35	46	2	4.35	0.00
V Pacífico Sur	35	0	0.00	35	0	0.00	0.00
VI Río Bravo	100	15	15.00	100	14	14.00	-6.67
VII Cuencas Centrales del Norte	68	24	35.29	68	24	35.29	0.00
VIII Lema-Santiago-Pacífico	127	32	25.20	127	32	25.20	0.00
IX Golfo Norte	40	2	5.00	40	2	5.00	0.00
X Golfo Centro	22	0	0.00	22	0	0.00	0.00
XI Frontera Sur	23	0	0.00	23	0	0.00	0.00
XII Península de Yucatán	4	0	0.00	4	0	0.00	0.00
XIII Aguas del Valle de México	14	4	28.57	14	4	28.57	0.00
Total	653	101		653	101		

Fuente: Elaboración propia a partir de datos tomados CNA(2008; 2010a). Estadísticas del Agua.

2.1.4 Grado de presión sobre el recurso hídrico

A partir del porcentaje de agua utilizada para usos consuntivos respecto al agua renovable, se construye un indicador del grado de presión que se ejerce sobre el recurso hídrico en un país, cuenca o región. Se considera que si el porcentaje es mayor a 40, se ejerce una fuerte presión sobre el recurso (CNA, 2008; 2010a).

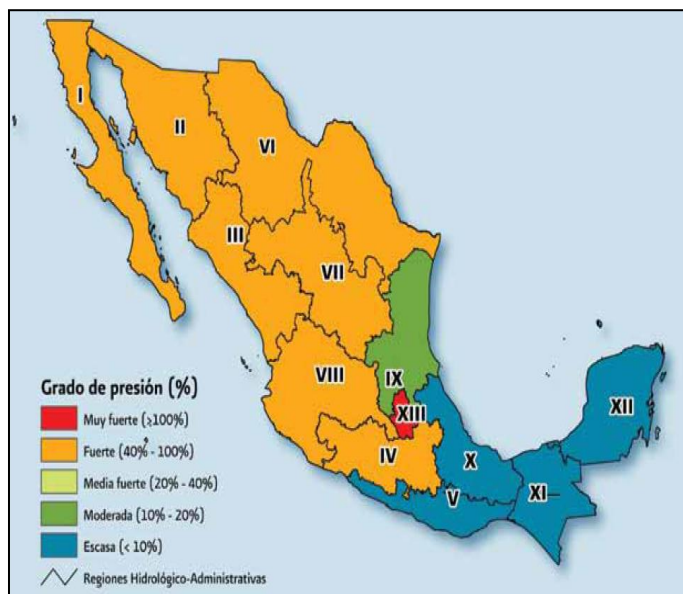
Para el año 2007 México en su conjunto experimentaba un grado de presión del 17 por ciento, y durante el año 2009 fue de 17.4 por ciento, de lo anterior se observa que el grado de presión ejercido sobre el agua en México de incremento en un 2.3 por ciento (CNA, 2008:61; 2010a:73). En la zona centro, norte y noroeste del país, se experimenta un grado de presión fuerte sobre el recurso. En la tabla 7 y figura 8 se muestra el indicador para cada una de las Regiones Hidrológico-Administrativas del país (CNA, 2010a). Observando esta, se aprecia que la región hidrológico-administrativa Río Bravo, tiene un grado de presión de 77.4 por ciento, considerado como fuerte.

Tabla 7 Grado de presión sobre el agua, por Región Hidrológico-Administrativa, 2008

No.	Región Hidrológico-Administrativa	Volumen total de agua concesionado (millones de m ³)	Agua renovable media (millones de m ³)	Grado de presión (%)	Clasificación del grado de presión
I	Península de Baja California	3,510	4,626	75.9	Fuerte
II	Noroeste	7,609	8,323	91.4	Fuerte
III	Pacífico Norte	10,349	25,627	40.4	Fuerte
IV	Balsas	10,703	21,680	49.4	Fuerte
V	Pacífico Sur	1,351	32,794	4.1	Escasa
VI	Río Bravo	9,234	11,937	77.4	Fuerte
VII	Cuencas Centrales del Norte	3,833	7,884	48.6	Fuerte
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	14,162	34,160	41.5	Fuerte
IX	Golfo Norte	4,747	25,543	18.6	Moderada
X	Golfo Centro	4,957	95,866	5.2	Escasa
XI	Frontera Sur	2,190	157,754	1.4	Escasa
XII	Península de Yucatán	2,368	29,645	8.0	Escasa
XIII	Aguas del Valle de México	4,650	3,514	132.3	Fuerte
	Total Nacional	79,752	459,351	17.4	Moderada

Fuente: Estadísticas del Agua en México, edición 2010 "10 años de presentar al agua en cifras". T3.7 Grado de presión sobre el recurso hídrico, por Región hidrológico-Administrativa, 2008. Página 73.

Figura 8 Grado de presión sobre el recurso hídrico por Región Hidrológico-Administrativa, 2008



Fuente: Estadísticas del Agua en México, edición 2010 “10 años de presentar al agua en cifras”. M3.2 Grado de presión sobre el recurso hídrico, por Región hidrológico-Administrativa, 2008. Página 74.

2.1.5 Escenarios futuros

Para poder construir escenarios futuros de México, se debe enfatizar en el incremento de la población y su concentración en zonas urbanas.

De acuerdo con las estimaciones de CONAPO, entre 2010 y 2030 la población del país se incrementará en 12.3 millones de personas, aunque las tasas de crecimiento tenderán a reducirse.

En las tablas 8 y 9, se muestran las proyecciones del crecimiento de la población calculadas por la CONAPO por entidad federativa y a nivel nacional respectivamente, las tendencias del crecimiento de la población es que están se reducirán, tanto a nivel nacional como a nivel estatal, como se muestra en la gráfica 3 y tabla 10.

Tabla 8 Población proyectada por entidad federativa al año 2030

Entidad federativa	Población					
	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Total	103,946,866	108,396,211	112,310,260	115,762,289	118,692,987	120,928,075
Aguascalientes	1,069,423	1,159,304	1,242,523	1,320,967	1,393,863	1,458,116
Baja California	2,822,478	3,252,690	3,695,695	4,152,585	4,615,977	5,074,986
Baja California Sur	509,524	579,189	646,968	712,583	774,869	831,837
Campeche	758,987	805,182	850,498	893,882	933,502	967,262
Coahuila	2,515,416	2,655,187	2,776,166	2,884,127	2,978,810	3,054,774
Colima	569,727	608,535	645,083	678,651	708,396	733,205
Chiapas	4,312,067	4,553,358	4,771,628	4,971,094	5,147,022	5,290,229
Chihuahua	3,256,512	3,422,047	3,558,199	3,673,626	3,768,867	3,838,176
Distrito Federal	8,815,319	8,846,752	8,848,995	8,808,410	8,718,532	8,575,089
Durango	1,524,078	1,555,688	1,575,440	1,586,404	1,588,891	1,580,639
Guanajuato	4,940,605	5,067,217	5,160,168	5,226,529	5,265,905	5,270,383
Guerrero	3,154,988	3,134,433	3,092,549	3,037,254	2,969,178	2,883,660
Hidalgo	2,369,307	2,433,563	2,486,077	2,527,491	2,556,750	2,569,852
Jalisco	6,782,676	7,070,555	7,314,379	7,518,735	7,680,090	7,787,954
Estado de México	14,016,823	15,031,728	15,943,195	16,761,058	17,482,475	18,088,060
Michoacán	4,016,934	3,949,377	3,866,759	3,771,023	3,661,297	3,533,061
Morelos	1,620,871	1,687,396	1,744,906	1,793,409	1,831,354	1,856,004
Nayarit	958,587	971,913	981,470	987,569	989,766	986,329
Nuevo León	4,221,981	4,502,035	4,758,179	4,995,659	5,212,273	5,398,387
Oaxaca	3,553,231	3,548,623	3,529,962	3,501,332	3,459,592	3,397,575
Puebla	5,420,091	5,705,519	5,956,700	6,180,054	6,373,440	6,527,495
Querétaro	1,598,089	1,750,965	1,900,961	2,045,763	2,181,389	2,303,496
Quintana Roo	1,130,652	1,361,821	1,612,168	1,880,019	2,160,804	2,450,833
San Luis Potosí	2,435,543	2,495,513	2,539,201	2,571,108	2,591,191	2,595,169
Sinaloa	2,632,273	2,655,951	2,664,714	2,660,727	2,643,072	2,608,651
Sonora	2,413,074	2,532,639	2,631,985	2,716,953	2,788,141	2,841,311
Tabasco	2,006,277	2,060,628	2,104,668	2,137,743	2,158,535	2,164,863
Tamaulipas	3,035,926	3,230,307	3,405,719	3,565,224	3,706,904	3,824,091
Tlaxcala	1,073,525	1,149,653	1,220,750	1,287,827	1,350,576	1,406,950
Veracruz	7,201,126	7,294,895	7,357,560	7,393,506	7,399,027	7,362,776
Yucatán	1,826,750	1,945,840	2,064,739	2,180,690	2,289,703	2,388,286
Zacatecas	1,384,006	1,377,708	1,362,256	1,340,287	1,312,796	1,278,576

Fuente: Proyecciones de Población 2000-2030, CONAPO, 2003

Tabla 9 Población proyectada para México 2010-2050

Año	Población a mitad de año 2005-2050
2010	108,396,211
2015	112,310,260
2020	115,762,289
2025	118,692,987
2030	120,928,075
2035	122,348,728
2040	122,936,136
2045	122,748,461
2050	121,855,703

Fuente: Proyecciones de Población 2000-2050. CONAPO, 2003

Tabla 10 Tasas Medias de Crecimiento Anual de la población, México y Coahuila, 2010-2030.

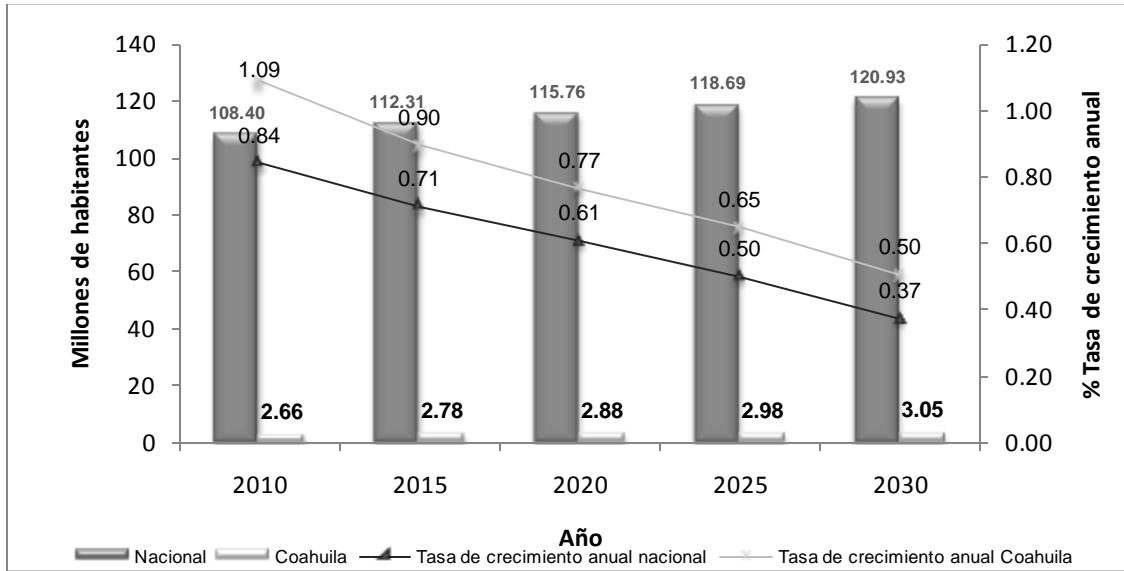
Año	Población a mitad de año 2005-2030 México	Población a mitad de año 2005-2030 Coahuila	% TMCA México	% TMCA Coahuila
2010	108,396,211	2,655,187	0.84	1.09
2015	112,310,260	2,776,166	0.71	0.90
2020	115,762,289	2,884,127	0.61	0.77
2025	118,692,987	2,978,810	0.50	0.65
2030	120,928,075	3,054,774	0.37	0.50

Fuente: Elaboración propia a partir de datos tomados de CONAPO. Proyecciones de Población 2000-2050. CONAPO, 2003

En la tabla 10 y gráfica 3, se aprecia que para el estado de Coahuila, la Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA), al igual que la tendencia nacional, esta también muestra una reducción, pues esta para los años 2005-2010 es del 1.09 por ciento, pasando al 0.90 por ciento en el periodo 2010 al 2015, así mismo para el periodo 2015-2020 esta es de 0.77 por ciento, para el periodo 20-2025 nuevamente se reduce a 0.65 por ciento y finalmente al 0.50 por ciento del 2025 al 2030.

De igual forma, se observa que a nivel nacional las TMCA son menores que las mostradas para el estado de Coahuila, y también tienden a reducirse, pues para los años 2010-2015 esta es de 0.71 por ciento, y para el periodo 2025-2030 estas serán de 0.37 por ciento.

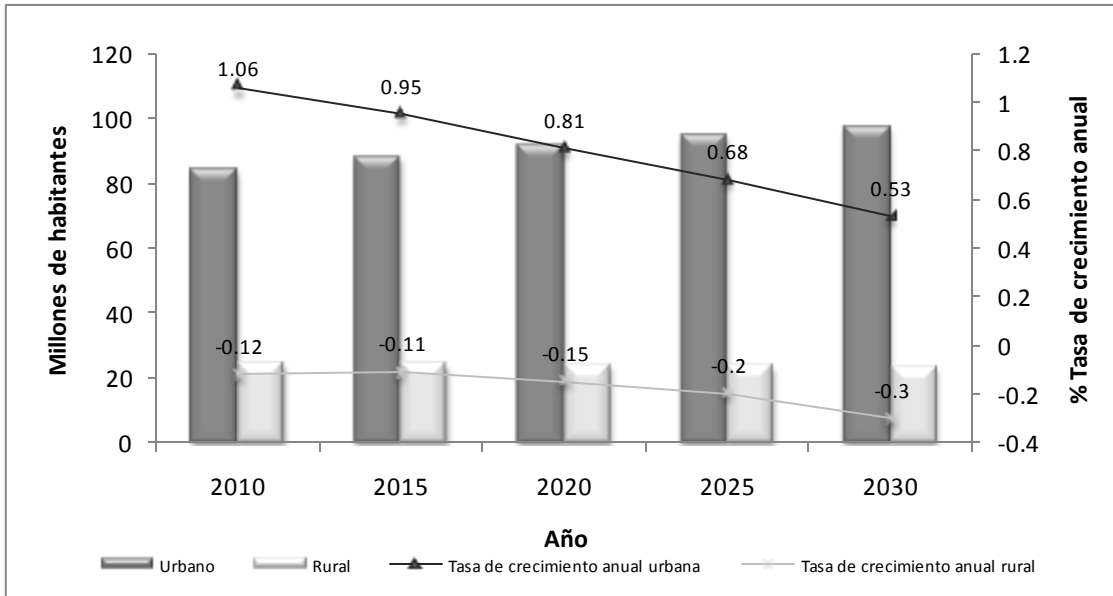
Gráfica 3 Proyección de crecimiento de la población en México y Coahuila, 2010 a 2030



Fuente: Elaboración propia a partir de datos tomados de CONAPO. Proyecciones de Población 2000-2050. CONAPO, 2003

Además, para el 2030 aproximadamente el 81 por ciento de la población total se asentará en localidades urbanas, como puede verse en la gráfica 4 y tabla 11.

Gráfica 4 Proyección de crecimiento de la población urbana y rural en México, 2010 a 2030



Fuente: Estadísticas del Agua en México, edición 2010 "10 años de presentar al agua en cifras". G7.2 Proyección de crecimiento de la población urbana y rural en México, 2010 a 2030. Página 161.

Tabla 11 Población urbana y rural 2010-2030 (millones de habitantes)

Población	2010	2015	2020	2025	2030
Rural	24.42	24.28	24.10	23.86	23.50
Urbana	84.38	88.40	91.98	95.09	97.61
TOTAL	108.80	112.68	116.08	118.95	121.10

Fuente: Estadísticas del Agua en México, edición 2010 “10 años de presentar al agua en cifras”. G7.2 Proyección de crecimiento de la población urbana y rural en México, 2010 a 2030. Página 161.

Según datos de las Proyecciones de Población 2000-2030 de CONAPO y CNA, en algunas de las regiones Hidrológico-Administrativas del país, el agua renovable *per cápita* alcanzará niveles cercanos o incluso inferiores a los 1,000 m³/hab/año, lo que se califica como una condición de escasez grave.

En la tabla 12 y figura 9, se observa que para el año 2030, México tendrá problemas referentes a la disponibilidad de agua media *per cápita*, pues esta para el año 2010 es de 4,222 m³/hab/año y para el año 2030 se estima que esta disminuirá a 3,793 m³/hab/año (CNA, 2010a), lo que representa una reducción del 11.31 por ciento, así mismo se muestra que en el 84.62 por ciento de las regiones hidrológicas se presentará esta disminución, salvo el caso de las regiones III Pacifico Norte y V Pacifico Sur.

Figura 9 Agua renovable *per cápita* por región Hidrológico-Administrativa, 2030



Fuente: Estadísticas del Agua en México, edición 2010 “10 años de presentar al agua en cifras”. M7.2 Agua renovable per cápita por región Hidrológico-Administrativa, 2030. Página 166.

Las regiones hidrológico-administrativas más afectadas serán: Península de Baja California, Península de Yucatán y Río Bravo, con TMCA de -2.08, -1.67 - 0.87 por ciento respectivamente, esto nos indica que se ejercerá mayor presión sobre estas.

Tabla 12 Agua renovable *per cápita* por Región Hidrológico-Administrativa, 2010 y 2030

No.	Región Hidrológico-Administrativa	Agua renovable media (millones de m ³ /año)	Agua renovable <i>per cápita</i> al 2010 (millones de m ³ /hab/año)	Agua renovable <i>per cápita</i> al 2030 (millones de m ³ /hab/año)	TMCA
I	Península de Baja California	4,626	1,191	782	-2.08
II	Noroeste	8,323	3,158	2,680	-0.82
III	Pacífico Norte	25,627	6,474	6,753	0.21
IV	Balsas	21,680	2,033	1,948	-0.21
V	Pacífico Sur	32,794	7,938	8,254	0.20
VI	Río Bravo	11,937	1,074	901	-0.87
VII	Cuencas Centrales del Norte	7,884	1,870	1,726	-0.40
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	34,160	1,616	1,453	-0.53
IX	Golfo Norte	25,543	5,128	5,009	-0.12
X	Golfo Centro	95,866	9,907	9,659	-0.13
XI	Frontera Sur	157,754	23,637	21,041	-0.58
XII	Península de Yucatán	29,645	7,151	5,105	-1.67
XIII	Aguas del Valle de México	3,514	163	148	-0.48
	Total Nacional	459,351	4,222	3,793	-0.53

Nota: El cálculo de agua renovable *per cápita* se basa en datos de población al 31 de diciembre de cada año.

Fuente: Elaboración propia con datos de la CNA (2010a). Estadísticas del Agua en México, edición 2010 “10 años de presentar al agua en cifras”.

Por otro lado este problema de disponibilidad principalmente se presentará en la región norte del país. Las Regiones Hidrológico-Administrativas I Península de Baja California, VI Río Bravo (a la cual pertenece la ZMS) y XIII Aguas del Valle de México requerirán una gestión del agua muy eficaz para lograr satisfacer las demandas crecientes de agua (CNA, 2010a).

Respecto de la utilización del agua subterránea, esta se debe tomar con extremado cuidado, ya que su sobreexplotación ocasiona el abatimiento de los niveles freáticos, y como consecuencia de ello para extraer el agua hay que realizar perforaciones cada vez más profundas para extraer esta (CNA, 2010a).

Además con el fin de aumentar la disponibilidad de agua con calidad adecuada para los usos a los que se destina, se deberán incrementar significativamente los volúmenes de tratamiento y reciclado de agua residual, (CNA, 2010a).

De lo descrito en el apartado que precede, en donde se pone de relieve, tanto la baja disponibilidad de agua renovable *per cápita* en México, como la escasez extrema de esta que se observa en el norte del país, y de acuerdo con las nuevas tendencias de localización de las firmas, a ubicarse en lugares que les garanticen la previsión de recurso naturales a largo tiempo, la disponibilidad de agua en México, puede representar un freno al crecimiento económico, por lo que es pertinente impulsar políticas públicas, que promuevan el ahorro, tratamiento y reciclado del agua residual, a fin de garantizar la existencia del recurso hídrico.

2.2 Programa de tratamiento y reciclado de agua residual

En la primera sección de este capítulo se verificó situación de la disponibilidad del agua en México, así mismo que mostró como en el futuro cercano ésta se verá reducida en la mayor parte del territorio del país, es decir en más del 80 por ciento del territorio nacional.

Es por esa razón que es prioritaria la necesidad de implantar programas de tratamiento y reciclado de aguas residuales industriales, especialmente en regiones en las que el recurso hídrico es escasa, como lo es en la región de estudio.

Durante los últimos años en México la demanda del recurso hidráulico se incrementó, esto ha provocado el deterioro de las fuentes de abastecimiento, disminuyendo así la disponibilidad de agua, siendo esta situación agravada por el

uso indiscriminado del recurso que se hace en los hogares, oficinas, comercios, sectores públicos e industrias en general.

Ante esta situación, se hace necesaria la implementación de políticas públicas que impulsen el tratamiento y reciclado del agua industria residual, a fin de asegurar la disponibilidad, utilización racional del recurso y reducir el desperdicio, así mismo de manera indirecta, que se deje de ejercer presión sobre esta, derivada de la menor extracción de agua para la industria. Por lo anterior en este apartado nos enfocaremos a estudiar la situación de las aguas residuales.

2.2.1 Descarga de agua residual

En lo que toca a las descargas de aguas residuales, estas se clasifican en municipales²² e industriales²³(CNA, 2010a).

En la tabla 13, se muestra el total de aguas residuales, de esta se observa que del total de aguas residuales municipales se trata el 35 por ciento, en tanto que de las aguas residuales industriales, el porcentaje de tratamiento es el 18 por ciento (CNA, 2010a).

Así mismo se aprecia que del total de estas se trata solo el 28 por ciento, por lo anterior, el agua que se desperdicia en México por falta de tratamiento y reciclado equivale poco más de 7 litros de cada 10, a partir de estos datos, se observa un amplio campo de acción por parte de las autoridades mexicas, para impulsar el tratamiento de aguas residuales, pues cerca de 70 por ciento se deja sin tratamiento, y por tanto sin posibilidad de ser reutilizada.

²² Son manejadas en los sistemas de alcantarillado municipales urbanos y rurales.

²³ Son aquellas descargadas directamente a los cuerpos receptores de propiedad nacional (industria autoabastecida).

Tabla 13 Descarga de aguas residuales municipales y no municipales, 2008

Centros urbanos (de cargas municipales):	
Aguas residuales	7.44 km ³ /año (235.8m ³ /s)
Se recolectan en alcantarillado	6.56 km ³ /año (208m ³ /s)
Se trata	2.64 km ³ /año (83.64m ³ /s)
Se generan	2.01 millones de toneladas de DBO ₅ al año
Se recolectan en alcantarillado	1.77 millones de toneladas de DBO ₅ al año
Se remueven en los sistemas de tratamiento	0.58 millones de toneladas de DBO ₅ al año
Usos no municipales, incluyendo a la industria:	
Aguas residuales	6.01 km ³ /año (190.4m ³ /s)
Se trata	1.07 km ³ /año (33.7m ³ /s)
Se generan	7.00 millones de toneladas de DBO ₅ al año
Se remueven en los sistemas de tratamiento	1.15 millones de toneladas de DBO ₅ al año

Nota: DBO₅, Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días.

1 km³=1 000hm³= mil millones de m³.

Fuente: CNA (2010a). Estadísticas del Agua en México, edición 2010 "10 años de presentar al agua en cifras". T4.19 Descargas de aguas residuales municipales y no municipales, 2008. Página 110.

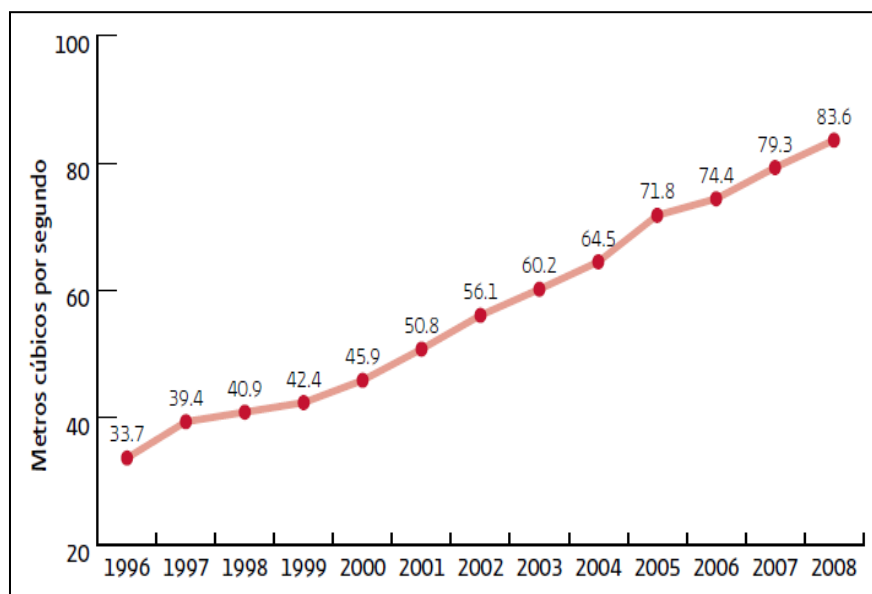
2.2.2 Tratamiento de aguas residuales

Según datos de la CNA (2010a), en el año 2008 en México había 1,833 Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación, con una capacidad de tratado de 83.6 m³/s, esto representó el 40 por ciento de las descargas municipales recolectadas en los sistemas de alcantarillado.

El caudal tratado ha ido incrementándose, para el año 1996 la capacidad era de 33.7m³/s, aumentando a 56.1 m³/s en 2002 y 83.6 m³/s en el 2008. La evolución del caudal tratado anualmente se muestra en la gráfica 5. Así mismo en la tabla 14, se muestran las PTARs municipales en operación por Región Hidrológico- Administrativa, en esta se observa que dentro de la región Río Bravo para el año 2008 había 188 PTARs con capacidad instalada de 28.32 m³/s y un

caudal tratado de 22.23 m³/s, así mismo la tabla 15 muestra las PTARs por entidad federativa.

Gráfica 5 Caudal de aguas residuales municipales tratadas, 1996 a 2008.



Fuente: CNA (2010a). Estadísticas del Agua en México, edición 2010 “10 años de presentar al agua en cifras”. G4.12 Caudal de aguas residuales municipales tratadas, serie anual 1996 a 2008. Página 111.

Tabla 14 Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación, por Región Hidrológico-Administrativa, 2008

No.	Región Hidrológico-Administrativa	Número de plantas en operación	Capacidad instalada (m ³ /s)	Caudal tratado (m ³ /s)
I	Península de Baja California	45	8.19	6.11
II	Noroeste	90	4.54	3.18
III	Pacífico Norte	249	8.38	6.60
IV	Balsas	147	7.60	5.50
V	Pacífico Sur	83	3.17	1.98
VI	Río Bravo	188	28.32	22.23
VII	Cuencas Centrales del Norte	113	5.19	4.03
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	465	23.17	18.02
IX	Golfo Norte	91	2.91	2.31
X	Golfo Centro	127	5.35	3.14
XI	Frontera Sur	97	3.36	2.67
XII	Península de Yucatán	55	2.26	1.73
XIII	Aguas del Valle de México	83	10.60	6.14
	Total Nacional	1,833	113.02	83.64

Fuente: CNA (2010a). Estadísticas del Agua en México, edición 2010 “10 años de presentar al agua en cifras”. T4.20 Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación, por región Hidrológico-Administrativa, 2008. Página 111.

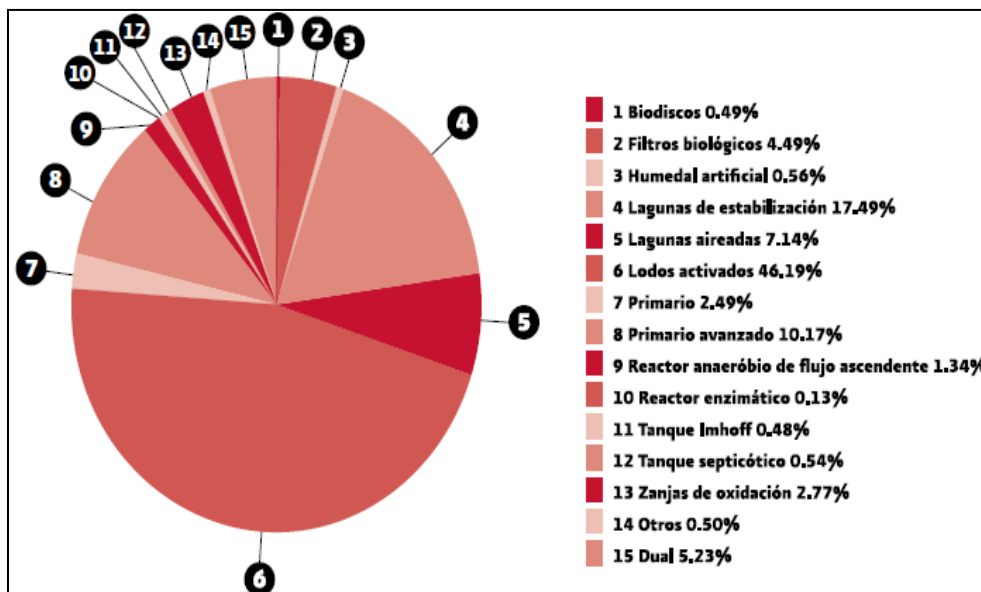
Tabla 15 Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación por Entidad Federativa, 2008

Entidad Federativa	Número de plantas en operación	Capacidad instalada (m³/s)	Cuada tratado (m³/s)
Aguascalientes	115	4.23	3.47
Baja California	27	6.99	5.26
Baja California Sur	18	1.20	0.84
Campeche	13	0.10	0.06
Coahuila de Zaragoza	21	4.97	3.87
Colima	57	1.54	1.00
Chiapas	24	1.51	1.36
Chihuahua	119	8.72	5.93
Distrito Federal	27	6.48	3.12
Durango	167	3.55	2.67
Guanajuato	60	5.79	4.31
Guerrero	40	2.00	1.22
Hidalgo	13	0.33	0.28
Jalisco	96	3.77	3.49
México	78	7.09	5.19
Michoacán de Ocampo	25	3.56	2.47
Morelos	32	1.60	1.21
Nayarit	63	2.03	1.23
Nuevo León	61	13.24	11.65
Oaxaca	66	1.51	0.99
Puebla	69	3.02	2.43
Querétaro	67	1.12	0.72
Quintana Roo	29	2.08	1.60
San Luís potosí	21	2.12	1.74
Sinaloa	136	5.28	4.51
Sonora	76	4.45	3.09
Tabasco	72	1.85	1.31
Tamaulipas	39	5.61	4.05
Tlaxcala	52	1.23	0.87
Veracruz de Ignacio de la Llave	92	5.43	3.17
Yucatán	13	0.08	0.07
Zacatecas	45	0.55	0.46
Nacional	1 833	113.02	83.64

Fuente: CNA (2010a). Estadísticas del Agua en México, edición 2010 “10 años de presentar al agua en cifras”. T4.21 Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación, por entidad federativa, 2008. Página 112.

En la gráfica 6 se observan los principales procesos de tratamiento de las aguas residuales en México (CNA, 2010a).

Gráfica 6 Principales procesos de tratamiento de aguas residuales municipales, por caudal tratado, 2008



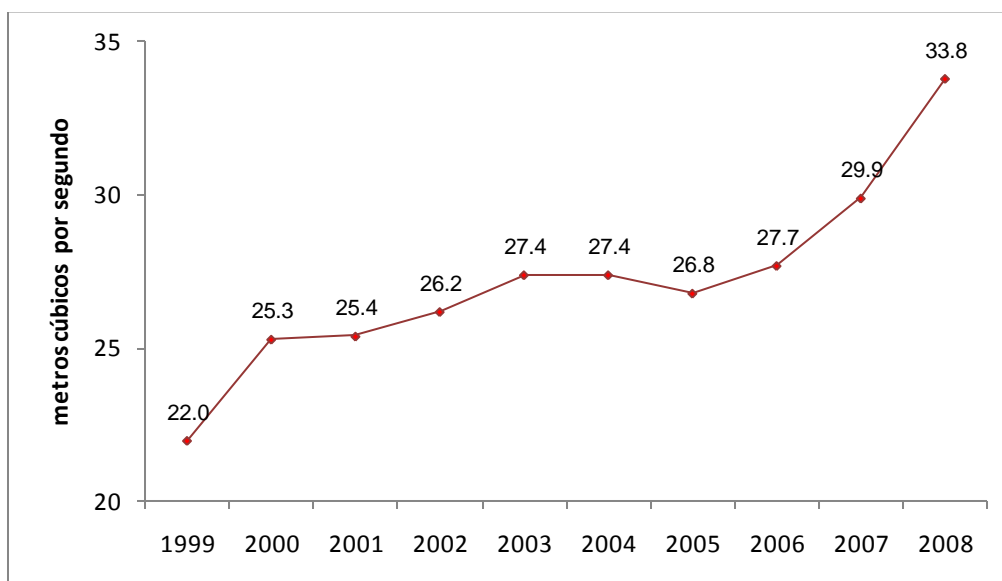
Nota: para el año 2008 el caudal tratado total fue de 83.6 m³/s

Fuente: CNA (2010a). Estadísticas del Agua en México, edición 2010 "10 años de presentar al agua en cifras". G4.13 Principales procesos de tratamiento de aguas residuales municipales, por caudal tratado, 2008. Página 113.

Por lo que hace al tratamiento de aguas residuales por parte de la industria, de acuerdo a la CNA (2010a), para el año 2008 ésta trató 33.8 m³/s de aguas residuales, en 2,082 plantas ubicadas en todo el territorio nacional.

Al igual que lo sucedido por las PTRAs municipales, el caudal de tratamiento por parte de la industria ha ido en aumento, pues en el año 1999, se trataban 22.00 m³/s por parte de esta, el cual para el 2002 se incrementó a 26.20 m³/s, para los años 2003 y 2004 se observó el mismo caudal de tratamiento de 27.4m³/s, para el año fue de 29.9 m³/s y según la última información disponible por parte de la CNA (2010a), para el 2008 la industria tenía un nivel de tratamiento de 33.8m³/s. La evolución del caudal tratado por parte de la industria durante el periodo 1999-2008 se muestra en la gráfica 7.

Gráfica 7 Caudal de aguas residuales industriales tratadas, 1999 a 2008.



Fuente: CNA (2010a). Estadísticas del Agua en México, edición 2010 “10 años de presentar al agua en cifras G4.14 Caudal de aguas residuales industriales tratadas, serie anual 1999 a 2008. Página 114.

En cuanto a la distribución de las PTARs dentro del territorio nacional por parte de la industria, el 15.38 por ciento se localizan dentro del estado de México, seguido de Baja California, Veracruz y el Distrito Federal, con el 8.60, 7.73 y 5.76 por ciento respectivamente, de las PTARs, el estado del Coahuila de ubica en el decimo segundo lugar con una aportación del 3.17 por ciento del total de las PTARs operadas por parte de la industria dentro del territorio nacional. En el otro extremo encontramos estados como Quintana Roo, Nayarit, Guerrero y Colima, que tienen las participaciones más bajas en cuanto a operación de PTARs, con un 0.10, 0.24, 0.38 y 0.38 por ciento respectivamente.

Por lo que hace al caudal de tratamiento, los estados con más alto caudal son: Veracruz con $8.65 \text{ m}^3/\text{s}$, Estado de México con $3.21 \text{ m}^3/\text{s}$, Michoacán que tiene una velocidad de $2.7 \text{ m}^3/\text{s}$, Morelos con $2.64 \text{ m}^3/\text{s}$ y el estado de Nuevo León con $3 \text{ m}^3/\text{s}$, siendo los más bajos estados como: Quintana Roo ($0.01 \text{ m}^3/\text{s}$), Baja California Sur ($0.01 \text{ M}^3/\text{s}$), Guerrero ($0.04 \text{ m}^3/\text{s}$), Zacatecas ($0.04 \text{ m}^3/\text{s}$) y Yucatán ($0.07 \text{ m}^3/\text{s}$). En la tabla 16 se muestran las plantas de tratamiento de aguas residuales industriales en operación por entidad federativa (CNA, 2010a).

Tabla 16 Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales en operación por Entidad Federativa, 2008

Entidad federativa	Plantas en operación	Capacidad instalada (m ³ /s)	Cuota tratada (m ³ /s)
Aguascalientes	53	0.26	0.13
Baja California	179	0.67	0.15
Baja California Sur	7	0.01	0.01
Campeche	49	0.50	0.16
Coahuila de Zaragoza	66	0.88	0.61
Colima	8	0.47	0.31
Chiapas	34	7.37	0.72
Chihuahua	20	0.66	0.29
Distrito Federal	120	0.40	0.39
Durango	31	0.68	0.34
Guanajuato	45	0.40	0.18
Guerrero	8	0.06	0.04
Hidalgo	43	2.42	1.29
Jalisco	34	1.51	1.51
México	319	4.57	3.21
Michoacán de Ocampo	50	3.81	2.70
Morelos	83	2.75	2.64
Nayarit	5	0.16	0.16
Nuevo León	91	4.13	3.00
Oaxaca	15	1.22	0.90
Puebla	96	2.87	2.62
Querétaro	107	1.10	0.51
Quintana Roo	2	0.01	0.01
San Luis potosí	74	1.27	0.63
Sinaloa	47	3.16	0.85
Sonora	23	0.36	0.16
Tabasco	115	1.28	0.15
Tamaulipas	46	1.64	1.12
Tlaxcala	106	0.25	0.22
Veracruz de Ignacio de la Llave	161	11.62	8.65
Yucatán	36	0.11	0.07
Zacatecas	9	0.16	0.04
Nacional	2082	56.76	33.77

Fuente: CNA (2010a). Estadísticas del Agua en México, edición 2010 "10 años de presentar al agua en cifras". T4.22 Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales en operación, por entidad federativa, 2008. Página 115.

2.2.3 Reúso del agua residual

Según datos de la CNA (2010a), durante el 2008 se estimó que en el país se reutilizaron 5,051 millones de metros cúbicos de agua.

De estas el 73.13 por ciento corresponde a aguas regeneradas por los sistemas municipales, en esta destacan el reúso de agua hacia cultivos agrícolas con 74.88 por ciento, segunda por la industria con un 15.19 por ciento y la transferencia de aguas residuales colectadas en las redes de alcantarillado con un 8.66 por ciento.

Por lo que hace al reúso de agua por parte de la industria el porcentaje de reutilización es del 26.87 por ciento, destacándose el reúso del agua regenerada en los ingenios azucareros en el cultivo de caña en el estado de Veracruz (CNA, 2010a).

La importancia de un programa de ahorro de agua basado en el tratamiento y reciclado de agua residual industrial se puede mostrar, utilizando datos proporcionados por la CNA (2010b), por ejemplo: suponga que la industria en el municipio de Saltillo tiene una demanda 15.33 millones de metros cúbicos al día para sus procesos productivos, al cabo de 30 días, el consumo total mensual por el uso del agua industrial en el municipio será de 475.10 millones de metros cúbicos, lo que nos lleva a un consumo anual de 5,593.856 millones de metros cúbicos. Ahora bien, si en nuestro ejemplo suponemos ahora que la industria implanta el programa de tratamiento y reciclado del agua, con una capacidad de 29.86 lts/s a un nivel de descarga cero²⁴, se regenerarían 2.149 millones de metros cúbicos diarios del hídrico que podrían utilizarse dentro de la industria, si ahora adicionamos esta al proceso productivo diario, veremos que de los 15.33

²⁴ El principio de la “descarga cero” es reciclar todas las aguas residuales industriales. Esto significa que las aguas residuales sean tratadas y usadas de nuevo en el proceso. Debido a la reutilización del agua las aguas residuales no serían vertidas al sistema de alcantarillado o a las aguas superficiales.

millones de metros cúbicos demandados por día, se pueden ahorrar 2.149 millones de metros cúbicos diarios, es decir sólo se consumirían 13.176 millones de metros cúbicos al día, lo que nos lleva a un consumo mensual de 408.456 millones de m³ y, al final del año se habrán consumido 4,809.24 millones de metros cúbicos; este ejemplo nos demuestra que en un año, la industria con este tipo de programa puede ahorrar 784.62 millones de metros cúbicos de agua; como se puede ver, el ahorro es sumamente significativo.

Con el tratamiento y reciclado del agua residual industrial, se ha logrado eficientar el uso del agua. Ahora bien, lo que se pretende en este trabajo, es demostrar la viabilidad de la implementación de un programa de tratamiento y reúso del agua residual industrial desde el punto de vista económico y financiero, que es, una herramienta para la toma de decisiones que permitirá que este tipo de programas de ahorro se conviertan en una realidad.

Conclusiones

En México la disponibilidad de media de agua per cápita es de alrededor de 4,000 m³/hab/año, disponibilidad limitada, en específico para las zonas norte, centro y noroeste que concentran el 77 por ciento de la población, pero únicamente cuentan con el 31 por ciento del agua renovable; mientras que la zona sur y sureste, que cuentan con el 23 por ciento de la población, tienen el 69 por ciento del agua renovable.

Así mismo, la sobreexplotación de los mantos acuíferos del país, es preocupante, sobre todo para la zona norte del país, que cuenta con poca o nula disponibilidad de agua superficial, lo que trae como consecuencia, que se extraiga agua subterránea (la cual no es renovable) para cubrir la demanda diaria tanto de la población como la industria, en ese sentido, el grado de presión que se ejerce

sobre el agua en esta de 77.4, es decir, se está ejerciendo un muy fuerte presión sobre el recurso hídrico en esta región.

De continuar las tendencias observadas en cuanto a la disponibilidad y extracción del agua para el año 2030, México tendrá problemas referentes a la disponibilidad de agua media *per cápita*, ya que se estima que esta será de 3,793 m³/hab/año, lo que representa una reducción del 11.31 por ciento, con respecto a la disponibilidad de agua media *per cápita* en el año 2010 que es de 4,222 m³/hab/año.

De igual manera, se prevé que para el 2030 el 84.62 por ciento de las regiones hidrológicas se presentarán esta disminución, salvo el caso de las regiones III Pacífico Norte y V Pacífico Sur. Por otro lado este problema de disponibilidad principalmente se presentará en la región norte del país, de manera específica, en el norte del país. Las Regiones Hidrológico-Administrativas I Península de Baja California, VI Río Bravo (a la cual pertenece la ZMS) y XIII Aguas del Valle de México requerirán una gestión del agua muy eficaz para lograr satisfacer las demandas crecientes de agua.

Durante los últimos años en México la demanda de agua se ha incrementado, esto trajo como consecuencia el deterioro de las fuentes de abastecimiento, disminuyendo así la disponibilidad de agua. Ante esta situación, se hace necesaria la implementación de políticas públicas que impulsen el tratamiento y reciclado del agua industria residual, a fin de asegurar la disponibilidad, utilización racional del recurso y reducir el desperdicio, así mismo de manera indirecta, que se deje de ejercer presión sobre el agua subterránea.

Ahora bien ante la necesidad creciente de la promoción e implementación del tratamiento y reciclado del agua residual, tanto las entidades públicas como la industria, durante los últimos años han implementado PTARs, tratando el 35 y 18 por ciento de las aguas residuales generadas por ambas, respectivamente, sin embargo todavía queda mucho por hacer pues del total de aguas residuales que

se generan, solo se trata el 28 por ciento, en otras palabras, el agua que se desperdicia en México por falta de tratamiento y reciclado equivale poco más de 7 litros de cada 10.

Por lo anterior, ante la situación actual y futura que se plantea para México, respecto de las condiciones de disponibilidad de agua, es imperante promover programas que impulsen el tratamiento y reúso del agua residual, esto desde el punto de vista tanto económico como social, es decir desde una visión de desarrollo sustentable.

CAPÍTULO 3 MARCO LEGISLATIVO-AMBIENTAL MEXICANO EN TORNO AL AGUA

Una vez que se mostró la situación que guarda el recurso hídrico en México, referente su disponibilidad tanto de agua superficial como subterránea, el grado de presión que sobre esta se ejerce, lo cual puede traer como consecuencia una disminución de la disponibilidad de agua per cápita y la necesidad de implementar políticas públicas que impulsen el desarrollo sustentable (DS) de México en el sentido de conservación del agua, dentro de este capítulo se aborda el marco jurídico ambiental mexicano a los tres niveles de gobierno, su evolución en el tiempo para la adecuación de la política ambiental del Estado a fin de cumplir con los tratados celebrados por el Ejecutivo Federal en materia de DS, de manera específica a los lineamientos legales aplicables al uso del agua.

El DS debe abordarse a todos los niveles de gobierno, de lo global a lo local (Steurer, 2009). Una cuestión importante es la forma en la que los gobiernos locales hacen frente al desarrollo de las políticas ambientales necesarias para el DS. Por lo cual la legislación local aplicable en materia ambiental es relevante.

3.1 Antecedentes de la Política Ambiental Mexicana

Los primeros antecedentes de la política ambiental en México datan de los años cuarenta, con la promulgación de la Ley de Conservación de Suelo y Agua (LCSA).²⁵ (SEMARNAT, 2008). Más tarde el 12 de marzo de 1971, se promulgó la Ley para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental (LPCCA).²⁶ Lo anterior en respuesta a los “compromisos” asumidos por México en la “Conferencia de las

²⁵ Consultado en internet el 27 de enero de 2010, disponible en: http://www.semarnat.gob.mx/queessearnat/Pages/quienes_somos.aspx

²⁶ Idem.

Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada el 16 de junio de 1972 en Estocolmo, Suecia., también conocida como Cumbre de Estocolmo.

En 1976, se publicó en el DOF la Ley General de Asentamientos Humanos (LGAH) el 26 de mayo de 1976, a partir de esta, se dio la pauta para la creación de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP)²⁷, encargada de planear y normar el desarrollo urbano-regional, el uso y conservación de los recursos naturales y la infraestructura.

El concepto de *ordenamiento ecológico* (OE) se utilizó por primera vez en la Ley Federal de Protección al Ambiente (LFPA), publicada en el DOF el 11 de enero de 1982 (DOF, 1982), cuya finalidad era enfrentar la problemática ambiental, este es el cimiento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).

El OE se incorporo al Plan Nacional de Desarrollo (PND) 1983-1988, ampliándose así el ámbito de la política ambiental mexicana, se crea la primera secretaria de estado encargada del ambiente en México, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE)²⁸, con atribuciones tanto del OE, territorial, infraestructura y obras públicas.

En 1987 la Carta Magna se reformó, adicionando a las facultades del Estado, la de imponer modalidades a la propiedad privada tendientes a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, y se facultó al Congreso de la Unión para expedir leyes que *"establezcan la concurrencia del Gobierno Federal con los Estatales y Municipales, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de*

²⁷ Creada por decreto presidencial publicado en el DOF el 29 de diciembre de 1976, consultado en línea en la página oficial de la Secretaria de desarrollo Social, el día 13 de enero de 2010 disponible en: <http://www.sedesol.gob.mx/index/index.php?sec=801586&pagina=2>

²⁸ Creada por decreto presidencial publicado en el DOF el 29 de diciembre de 1982, consultado en línea en la página oficial de la Secretaria de desarrollo Social, el día 13 de enero de 2010 disponible en: <http://www.sedesol.gob.mx/index/index.php?sec=801586&pagina=2>

protección al ambiente y de restauración y preservación del equilibrio ecológico". Con base en esa reforma, en 1988 fue publicada en el DOF el 28 de enero la LGEEPA, que constituye el pilar angular de la política ambiental en México.

En 1989, se creó la Comisión Nacional de Agua (CNA) como autoridad federal en materia de administración del agua, protección de cuencas hidrológicas y vigilancia en el cumplimiento de las normas sobre descargas y tratamientos del agua²⁹ (SEMARNAT, 2008).

En la Ley de Aguas Nacionales (LAN), reformada en 1992, se precisó la regulación del uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, así como la preservación de su calidad, con lo cual se corrigió una de las grandes lagunas de la legislación anterior.

Nuevamente, en virtud de los nuevos acuerdos internacionales tomados en la Conferencia de Río –también llamada “Cumbre de la Tierra”- el 25 de mayo de 1992 se reforma la ley Orgánica de la Administración Pública Federal (LOAPF), transformando a la SEDUE en la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), se crean el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), órganos desconcentrados³⁰ de la SEDESOL.

Al INE se le confirieron facultades técnico-normativas y a la PROFEPA de vigilancia, prevención y control de contaminación ambiental, así como las necesarias para la conservación del equilibrio ecológico.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos otorga al Estado la tutela sobre los recursos naturales, al considerar los suelos, las aguas, la flora,

²⁹Consultado en línea en la página oficial de la SEMARNAT, consultado el día 25 de febrero de 2010 disponible en: http://www.semarnat.gob.mx/queessearnat/Pages/quienes_somos.aspx

³⁰ Los órganos desconcentrados no tienen personalidad jurídica ni patrimonio propio, jerárquicamente están subordinados a las dependencias de la administración pública a que pertenecen, y sus facultades son específicas para resolver sobre la materia y ámbito territorial que se determine en cada caso por la ley.

la fauna y los recursos minerales como propiedad de la Nación. En ella se establecen las bases jurídicas de la legislación ambiental, para la conservación y aprovechamiento de los recursos naturales.

Posteriormente el H. Congreso de la Unión aprobó, en diciembre de 1994, la creación de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), esto como respuesta a la necesidad de planear el manejo de recursos naturales y políticas ambientales en nuestro país desde un punto de vista integral, articulando los objetivos económicos, sociales y ambientales, con la finalidad de asegurar la base natural del desarrollo económico nacional y contribuir a mejorar el nivel de vida de la población, en especial de los pobres, garantizando su sustentabilidad presente y futura, con este cambio desaparece la Secretaría de Pesca (SEPESCA) (SEMARNAT, 2008).

El 13 de diciembre de 1996 se reformó la LGEEPA, incorporándose diversas disposiciones que tuvieron por objeto garantizar a la sociedad el derecho a participar en la formulación y revisión del ordenamiento territorial; vincular la gestión de los recursos naturales con el ordenamiento ecológico del territorio; hacer compatible el ordenamiento ecológico con los demás planes y programas de ocupación del territorio y prever la coordinación necesaria para que el Gobierno Federal fomente y apoye la formulación del ordenamiento ecológico del territorio.

El 7 de enero de 2000 se reforma de nueva cuenta la LGEEPA, incorporando los conceptos de educación ambiental, así como otorgando nuevas facultades a las autoridades competentes en materia de promoción e incorporación de contenidos ecológicos, conocimientos y valores.

El 30 de noviembre del año 2000, se modifica la LOAPF, se crea la actual Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales³¹ (SEMARNAT), con la

³¹ Se traspasa el subsector pesca a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

finalidad de impulsar una política nacional de protección ambiental que dé respuesta a la creciente expectativa nacional para proteger los recursos naturales y que logre incidir en las causas de la contaminación y de la pérdida de ecosistemas y de biodiversidad (SEMARNAT, 2008).

En Agosto de 2003, se creó el Reglamento de la LGEEPA, que establece las bases sobre las cuales el Gobierno Federal puede actuar en relación a la formulación, aplicación, expedición, ejecución y evaluación del programa OE territorial y del programa de OE marino.

El 17 de junio de 2007, fue reformada la LGEEPA, incorporándose en ella lineamientos sobre la conservación y preservación de la calidad del agua, tanto superficial como subterránea.

3.2 Legislación ambiental vigente en México

Para conseguir un desarrollo territorial sostenible, es necesario contar con instrumentos jurídicos y administrativos, que garanticen la congruencia del OE y que en lo posible sancionen y frenen a los actores del desarrollo económico. Entre las cuales están:

3.2.1 Principios Constitucionales de la legislación ambiental

La carta magna, piedra angular de nuestro sistema legal, establece las bases sobre la política ambiental mexicana, desde tres perspectivas, la conservación de los recursos naturales susceptibles de apropiación, la prevención y control de la contaminación ambiental que afecta a la salud humana y el cuidado del medio ambiente frente al uso de los recursos productivos por los sectores social y privado, es decir, le confiere al Poder Ejecutivo Federal la facultad de la

conservación de los recursos naturales (artículo 27), así mismo en la fracción XVI del artículo 73 faculta al Congreso de la Unión para legislar sobre la prevención y al control de la contaminación ambiental, por otro lado el artículo 25 señala que *“corresponde al estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que este sea integral y sustentable.”* (SCJN, 2009).

Otras disposiciones que sirven como base para la política ambiental de México, son los artículos 115, 122 y 124 constitucionales, que otorgan a los municipios facultades sobre las funciones y servicios públicos de agua, drenaje, residuos domésticos, tratamiento de aguas residuales, así como vigilancia de zonas ecológicas; de igual forma se le confiere a la Asamblea Legislativa del Distrito Federal la facultad para legislar en materia de protección al medio ambiente y reserva ecológica y por último se establece el principio de facultades explícitas, por lo que los estados pueden legislar en materia ambiental dentro del ámbito de su competencia o circunscripción territorial.

3.2.2 Legislación Federal en materia ambiental enfocada al agua

Dentro de la legislación federal, existen diversos ordenamientos legales, que van desde leyes, reglamentos y normas oficiales mexicanas, mismos que veremos a continuación.

3.2.2.1 Leyes Federales

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente: La ley federal mexicana más importante, en materia ambiental, es la LGEEPA. En sus artículos 5º, 7º y 8º se establecen las facultades de la Federación, de los estados y de los municipios, respectivamente, para formular, conducir y evaluar la política ambiental en los respectivos niveles de administración pública. En dicha ley se

establece la competencia de la Federación para expedir normas oficiales (NOMs), así como la vigilancia de su cumplimiento.

Ley de Aguas Nacionales: Reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales; tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.

Establece todo lo relativo a la Administración del Agua, programación hidráulica, derechos de uso o aprovechamiento de Aguas Nacionales, registro Público de Derecho de Agua, habla de las Zonas Reglamentadas, de veda o de reserva, Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas (SCJN, LAN, 2010). Para la realización de este proyecto de tesis se ha revisado minuciosamente dicha ley y en particular su Reglamento.

3.2.2.2 Reglamentos Federales

Reglamento de la Ley de Agua Nacionales: Tiene por objeto reglamentar la Ley de Aguas Nacionales. La regulación en materia de preservación y control de la calidad del agua, establece que *“las personas físicas o morales que exploten, usen o aprovechen aguas en cualquier uso o actividad, están obligadas, bajo su responsabilidad y en los términos de ley, a realizar las medidas necesarias para prevenir su contaminación y en su caso para reintegrarlas en condiciones adecuadas, a fin de permitir su utilización posterior en otras actividades o usos y mantener el equilibrio de los ecosistemas”*(SCJN, 2010a).

Asimismo que establece, para descargar aguas residuales a los cuerpos receptores se debe contar con el permiso de descarga de aguas residuales, así

mismo se tiene que proporcionar el tratamiento adecuado a fin de garantizar la no contaminación del cuerpo receptor (SCJN a, 2010).

3.2.2.3 Normas Oficiales Mexicanas

Como lo menciona la LGEEPA, sirven para garantizar la sustentabilidad de la actividad económica, son de cumplimiento obligatorio en el territorio nacional. Para algunos teóricos son ordenamientos jurídico-administrativos auxiliares en la administración de justicia en materia ambiental. Existen una infinidad de Normas Oficiales Mexicanas (NOMs), tendientes al DS, solo señalamos las relacionadas al agua, por ser de interés para la elaboración de la presente tesis. Se señalan las NOMs en materia de agua.

NOM-001-SEMARNAT-1996.- Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta Norma Oficial Mexicana no se aplica a las descargas de aguas provenientes de drenajes separados de aguas pluviales (SEMARNAT, 2010a).

NOM-002-SEMARNAT-1996.- Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal con el fin de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y bienes nacionales, así como proteger la infraestructura de dichos sistemas, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta Norma no se aplica a las descargas de las aguas residuales domésticas, pluviales, ni a las generadas por la industria, que sean distintas a las aguas residuales de proceso y conducidas por drenaje separado (SEMARNAT, 2010b).

NOM-003-SEMARNAT-1997.- Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público, con el objeto de proteger el medio ambiente y la salud de la población, y es de observancia obligatoria para las entidades públicas responsables de su tratamiento y reúso (SEMARNAT, 2010c).

3.2.3 Legislación Estatal en materia ambiental sobre el Agua

Dentro del contexto estatal, también existen diversos ordenamientos legales, los cuales abordaremos a continuación.

La Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Coahuila de Zaragoza (LEEPAEC): se publicó en el Periódico Oficial del estado el 8 de diciembre de 1998, en ella se establecen los lineamientos legislativo-ambientales del estado. En sus artículos 6°, 8° y 9°, se establecen las facultades del estado y de los municipios, respectivamente, para formular, conducir y evaluar la política ambiental del estado, en los respectivos niveles de administración pública (Coahuila, 2010a).

La Ley de Aguas para los Municipios del Estado de Coahuila de Zaragoza (LAPEC): publicada en el Periódico Oficial del estado el 24 de febrero de 2009, tiene por objeto establecer las bases y regular la organización, atribuciones, actos y contratos relacionados con la prestación de los servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento, reúso y disposición de aguas residuales en los municipios del Estado de Coahuila de Zaragoza, todo ello bajo un esquema de DS. Establece que la prestación de los servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento, reúso y disposición de aguas residuales, estarán a cargo de los municipios de la entidad, quienes podrán prestarlo en forma individual, coordinada o asociada entre ellos conforme lo

disponga esta ley y demás disposiciones aplicables. Así mismo establece las bases para un uso racional y sostenido de agua (Coahuila, 2010b).

3.2.4 Ordenamientos municipales en materia ambiental (Saltillo)

A nivel municipal, encontramos otro ordenamiento legal, que aborda la problemática ambiental, a saber:

El Reglamento del Equilibrio Ecológico y La Protección Ambiental del Municipio de Saltillo, Coahuila (REEPAMS) es el ordenamiento ambiental aplicable al municipio, y su objeto es reglamentar las atribuciones que, en materia de conservación ecológica y protección al ambiente, confieren al Ayuntamiento del municipio, la Constitución Política del Estado, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Coahuila de Zaragoza y el Código Municipal del Estado de Coahuila (Coahuila, 2010c).

Faculta al municipio para formular, conducir y evaluar la política ambiental municipal, en congruencia con la política estatal, establece como obligación municipal promover el aprovechamiento sustentable, conservación, ahorro, reciclaje y rehúso de las aguas que destinen para la prestación de los servicios públicos a su cargo, así como promover la captación y uso eficiente del agua de lluvia, conforme a lo dispuesto en la Ley de Aguas Nacionales (Coahuila, 2010c).

Conclusiones

Los primeros antecedentes de la política ambiental en México fueron en los años cuarenta, con la promulgación de la LCSA, posteriormente en 1972 con signatura de la Declaración de Estocolmo México se compromete a nivel internacional a la

protección ambiental, posteriormente en 1976 se publicó la LGAH y se creó la SAHOP, primera secretaria que de manera explícita se encargada de planear y normar el desarrollo urbano-regional, el uso y conservación de los recursos naturales y la infraestructura.

La política ambiental mexicana ha tenido una larga evolución, todo ello con el fin de adecuar la legislación vigente a los acuerdos internacionales signados por el ejecutivo federal. Dentro del derecho positivo mexicano, que abordan la perspectiva ambiental encontramos: La carta magna que establece las bases sobre la política ambiental mexicana, desde tres perspectivas, la conservación de los recursos naturales susceptibles de apropiación, la prevención y control de la contaminación ambiental que afecta a la salud humana y el cuidado del medio ambiente frente al uso de los recursos productivos por los sectores social y privado, así mismo, faculta al Congreso de la Unión para legislar sobre la prevención y al control de la contaminación ambiental. A partir de la carta magna, existe una diversidad de ordenamientos legales que regulan la materia ambiental, todos ellos tendientes a homogeneizar la política ambiental mexicana. Los cuales se ha reformado en diversas ocasiones con la finalidad de adecuarlos a fin de conformar una política ambiental acorde con los lineamientos internacionales.

En ese sentido, tenemos a la legislación federal que a través de la LGEEPA, se faculta a la Federación, estados y municipios, para formular, conducir y evaluar la política ambiental dentro de sus ámbitos de competencia. Por otro lado tenemos a la LAN y su reglamento, que regulan la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable, establecen que las personas físicas o morales que exploten, usen o aprovechen aguas en cualquier uso o actividad, están obligadas a realizar las medidas necesarias para prevenir su contaminación y en su caso para reintegrarlas en condiciones adecuadas, a fin de permitir su utilización posterior en otras actividades o usos y mantener el equilibrio de los ecosistemas. Las NOMs,

garantizan la sustentabilidad de la actividad económica, dentro de estas encontramos que las referentes al agua son: NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996, NOM-003-SEMARNAT-1997, todas ellas establecen los límites máximos permisibles en cuanto a contaminación de agua y lineamientos que se deben seguir en el caso de aguas residuales.

Por otro lado, en cuanto a la legislación Estatal y municipal en torno al agua, encontramos la LEEPAEC, que faculta al estado y los municipios, para formular, conducir y evaluar la política ambiental del estado, en los respectivos niveles de administración pública, la LAPEC, que establece las bases y regula la organización, atribuciones, actos y contratos relacionados con la prestación de los servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento, reúso y disposición de aguas residuales en los municipios del Estado de Coahuila de Zaragoza, además establece las bases para un uso racional y sostenido de agua, y el REEPAMS, que reglamenta las atribuciones del municipio de Saltillo en materia de conservación ecológica y protección al ambiente.

CAPÍTULO 4 SITUACIÓN Y RELEVANCIA DE LA METAL-MECÁNICA

Una vez que se realizó una revisión de literatura sobre el papel de los recursos naturales en la economía, la situación del hídrico en México, así como su contexto legal, procederemos a dimensionar la importancia del sector escogido para la realización de esta investigación.

Por lo anterior, en el presente capítulo se realiza una caracterización de la región en términos de su estructura e importancia económica regional. Para ello se calculó el índice de localización, el índice de concentración industrial y se determinó la participación porcentual de la rama Metal-Mecánica dentro del PIB estatal.

Se trata de un capítulo elaborado con base en fuentes documentales de información oficial y de análisis estadísticos tomados del INEGI.

4.1 La industria Metal-Mecánica

En términos generales, el Sector Metal-Mecánico en México, está conformado por una gran diversidad de industrias. Abarca desde la fabricación de elementos menores (repuestos, piezas de metal) hasta la fabricación de grandes estructuras o máquinas, equipos e instrumentos que implican tecnología sofisticada.

Es a su vez un sector de gran potencial integrador, toda vez que la producción de bienes de mayor valor agregado requiere en gran medida de partes producidas por el mismo sector.

Forman parte del sector Metal-Mecánico todas aquellas industrias manufactureras dedicadas a la fabricación, reparación, ensamble y transformación del metal y de acuerdo con el Sistema de Clasificación de América del Norte (SCIAN) del INEGI abarca las siguientes aplicaciones:

Industrias metálicas básicas:

- Industrias básicas del hierro y el acero;
- Fabricación de productos de hierro y acero;
- Industria básica del aluminio;
- Industrias de metales no ferrosos, excepto aluminio; y
- Moldeo por fundición de piezas metálicas.

Fabricación de productos metálicos

- Fabricación de productos metálicos, forjados y troquelados;
- Fabricación de herramientas de mano sin motor y utensilios de cocina metálicos;
- Fabricación de estructuras metálicas y productos de herrería;
- Fabricación de calderas, tanques y envases metálicos;
- Fabricación de herrajes y cerraduras;
- Fabricación de alambre, productos de alambre y resortes;
- Maquinado de piezas metálicas y fabricación de tornillo;
- Recubrimientos y terminados metálicos; y
- Fabricación de otros productos metálicos.

Fabricación de maquinaria y equipo

- Fabricación de maquinaria y equipo para las actividades agropecuarias, para la construcción y para la industria extractiva;
- Fabricación de maquinaria y equipo para las industrias manufactureras, excepto la metal-mecánica;
- Fabricación de maquinaria y equipo para el comercio y los servicios;
- Fabricación de sistemas de aire acondicionado, calefacción y de refrigeración industrial y comercial;
- Fabricación de maquinaria y equipo para la industria metal-mecánica;

- Fabricación de motores de combustión interna, turbinas y transmisiones; y
- Fabricación de otra maquinaria y equipo para la industria en general

Fabricación de equipo de transporte

- Fabricación de automóviles y camiones;
- Fabricación de carrocerías y remolques;
- Fabricación de partes para vehículos automotores;
- Fabricación de equipo aeroespacial; y
- Fabricación de otro equipo de transporte.

Debido a la diversidad de ramas que la abarcan, la Metal-Mecánica tiene una importancia notable en el desarrollo de otras industrias que se suministran de ella (v.gr. suministros para la fabricación de electrodomésticos, automóviles, maquinaria y otras numerosas industrias fundamentales para la producción de bienes y servicios.), lo que en economía se conoce como arrastre o encadenamiento. Debido a su interrelación con otras actividades económicas, constituye una de las más básicas e importantes de los países industrializados. Su grado de madurez (grado de arrastre), es a menudo un exponente del desarrollo industrial de un país. Debido a su importancia muchos países, aun para los más industrializados, su industria metalúrgica está protegida, o especialmente atendida y vigilada por el estado (Cavallé, 1975:47).

En otros términos, es una “industria de industrias”. Provee de maquinarias e insumos claves a la mayoría de actividades económicas para su reproducción, entre ellas, la industria manufacturera, la construcción, la automotriz, la minería y la agricultura, entre otros.

En este sentido, la Industria Metal-Mecánica opera de manera decisiva sobre la generación de empleo en la industria, requiriendo la utilización de diversas especialidades de operarios, mecánicos, técnicos, herreros, soldadores, electricistas, torneros, ingenieros, profesionales. Adicionalmente, tracciona la

producción de otras industrias, tanto aquellas que son intensivas en mano de obra como aquellas que no lo son, que es el caso de la industria siderúrgica.

De esta manera, el sector gravita en forma determinante sobre el proceso de reproducción material de la economía: la inversión y el conocimiento. En consecuencia, su desempeño no sólo define las trayectorias de crecimiento sino también su sustentabilidad en el largo plazo, constituyendo un sector estratégico para el desarrollo, de ahí la importancia de la industria en sí misma.

4.2 La industria Metal-Mecánica en México

Durante la década de los noventa en México surgió una reestructuración económica a raíz del agotamiento de lo que en su momento habían sido los pilares de la política de desarrollo de la industria básica del país; la protección y el involucramiento del Estado.

La apertura de la economía mexicana se inició con la entrada al Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y de Comercio (GATT)³² a mediados de los ochenta, y en 1994 entró en funcionamiento el TLC.

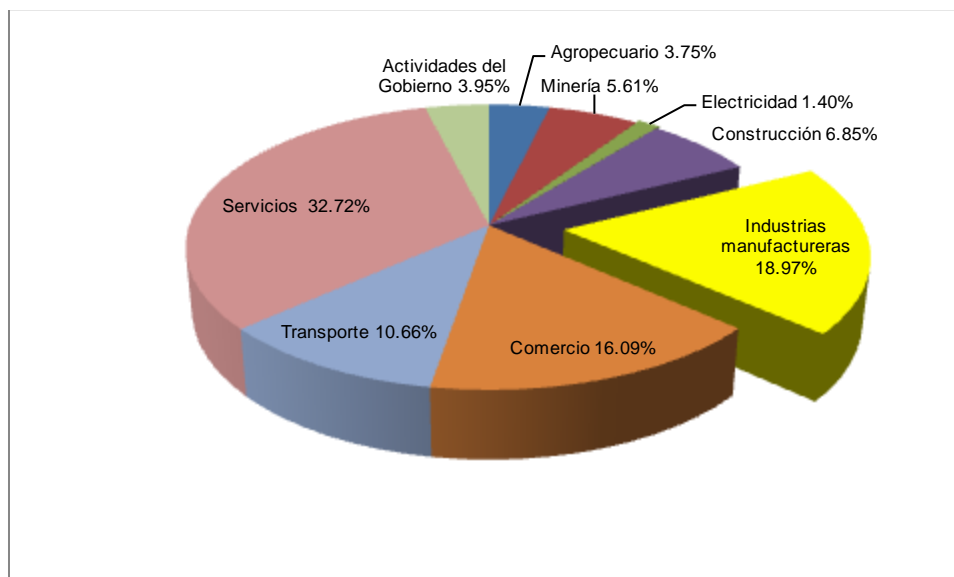
El comportamiento de la industria manufacturera en su conjunto había sido de altibajos durante la primera mitad de la década de los noventa, destacándose por un buen desempeño en el crecimiento de la productividad de 4 a 5 por ciento promedio anual (Laos, 1996; Mertens, 1996).

Para el año 2006 la manufactura participó dentro del PIB con un 18.97³³ por ciento, solo por debajo del sector servicios, como se muestra en la gráfica 8.

³² Por sus siglas en inglés de: *General Agreement on Tariffs and Trade*

³³ A precios de 2003, valores básicos. Para mayor información ver anexo 3.

Gráfica 8 Participación porcentual del Producto Interno Bruto Nacional por gran división de actividad económica, 2006



Nota: Agropecuario incluye: silvicultura y pesca; Industria es manufactura; Electricidad incluye: gas y agua; Transporte incluye: almacenaje y comunicaciones; Servicios incluye: financieros, educativos, inmobiliarios, profesionales, de salud.

Fuente: Elaboración propia en base a INEGI: Dirección General de Estadísticas Económicas. Dirección General Adjunta de Cuentas Nacionales. Dirección de Cuentas de Corto Plazo y Regionales.

Según datos del INEGI, el sector Metal-Mecánico durante al año 2008, generó 574'764, 481.00 miles de pesos, contribuyendo con poco más del 37 por ciento en el PIB generado por la manufactura, su participación dentro de la economía nacional es importante pues en el 2008 contribuyó con el 6.87 por ciento del PIB Nacional (INEGI, 2010).

Según datos del INEGI la participación del valor agregado bruto de la industria Metal-Mecánica dentro del PIB el nacional en los años 2003 a 2008 osciló entre 6.62 por ciento y 6.78 por ciento.

Tomando en cuenta los mismos periodos, el valor agregado de la Metal-Mecánica representó entre el 35.26 por ciento y 37.10 por ciento del valor agregado de la manufactura a nivel nacional.

Las estadísticas se muestran en las tablas 17 y 18.

Tabla 17 Participación porcentual de actividades económicas dentro del PIB México 2003-2008, a precios de 2003.

Sector	Estructura porcentual					
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza	3.99	3.94	3.79	3.75	3.81	3.84
Minería	6.19	6.02	5.82	5.61	5.42	5.26
Electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final	1.33	1.33	1.31	1.40	1.41	1.35
Construcción	6.56	6.64	6.68	6.85	6.92	6.94
Industrias manufactureras	18.78	18.76	18.81	18.97	18.66	18.26
Industrias alimentaria, de las bebidas y del tabaco	5.27	5.27	5.29	5.17	5.13	5.14
Textiles, prendas de vestir y productos de cuero	1.21	1.18	1.11	1.06	0.99	0.96
Industria de la madera	0.24	0.23	0.22	0.21	0.22	0.20
Industrias del papel, imprenta e industrias conexas	0.57	0.56	0.56	0.57	0.56	0.57
Derivados del petróleo y del carbón, industrias química, de caucho, plástico y caucho sintético	2.99	3.01	2.97	2.92	2.86	2.78
Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	1.21	1.22	1.26	1.28	1.27	1.20
Industrias metal-mecánica	6.62	6.62	6.74	7.09	6.98	6.78
Fabricación de muebles y productos relacionados	0.30	0.29	0.28	0.27	0.25	0.24
Otras industrias manufactureras	0.37	0.38	0.38	0.40	0.40	0.40
Comercio	15.26	15.68	15.87	16.09	16.35	16.46
Transportes, correos y almacenamiento	7.19	7.28	7.30	7.35	7.38	7.27
Información en medios masivos	2.78	2.99	3.14	3.31	3.57	3.80
Servicios financieros y de seguros	2.70	2.85	3.40	3.76	4.16	4.69
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e inanimados	11.12	11.10	10.99	10.89	10.86	11.05
Servicios profesionales, científicos y técnicos	3.61	3.64	3.65	3.58	3.57	3.63
Dirección de corporativos y empresas	0.37	0.38	0.39	0.44	0.41	0.46
Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y residuos	2.72	2.71	2.72	2.68	2.68	2.68
Servicios educativos	5.25	5.09	5.03	4.80	4.72	4.70
Servicios de salud y de asistencia social	3.12	3.01	2.96	3.04	3.01	2.93
Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	0.43	0.43	0.42	0.41	0.41	0.41
Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	2.97	2.95	2.88	2.78	2.76	2.74
Otros servicios excepto actividades del gobierno	2.88	2.82	2.79	2.75	2.76	2.74
Actividades del Gobierno	4.43	4.20	4.15	3.95	3.89	3.88
<i>SIFMI Servicios de intermediación financiera medidos indirectamente</i>	<i>-1.68</i>	<i>-1.82</i>	<i>-2.11</i>	<i>-2.41</i>	<i>-2.75</i>	<i>-3.11</i>

Fuente: Elaboración propia en base a datos del INEGI. Dirección General de Estadísticas Económicas. Dirección General Adjunta de Cuentas Nacionales. Dirección de Cuentas de Corto Plazo y Regionales.

Tabla 18 Participación porcentual del PIB manufacturero México 2003-2008

Sector	Estructura porcentual					
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Total	100	100	100	100	100	100
Industrias alimentaria	28.06	28.11	28.10	27.26	27.48	28.13
Textiles	6.43	6.27	5.90	5.60	5.30	5.24
Industria de la madera	1.29	1.24	1.18	1.13	1.16	1.08
Industrias del papel	3.05	3.01	2.99	2.99	3.01	3.13
Derivados del petróleo y del carbón	15.90	16.03	15.78	15.40	15.35	15.22
Productos a base de minerales no metálicos	6.46	6.51	6.68	6.74	6.78	6.58
Industria Metal-Mecánica	35.26	35.28	35.83	37.36	37.42	37.11
Fabricación de muebles y productos relacionados	1.57	1.55	1.51	1.40	1.36	1.32
Otras industrias manufactureras	1.97	2.00	2.02	2.11	2.14	2.19

Fuente: Elaboración propia en base a datos del **INEGI**. Dirección General de Estadísticas Económicas. Dirección General Adjunta de Cuentas Nacionales. Dirección de Cuentas de Corto Plazo y Regionales

Por lo que respecta al empleo el sector Metal-Mecánico genera 23 de cada 100 empleos del total generado por la industria manufacturera y 2.6 pesos de cada 10 del Valor Agregado Bruto generado por la manufactura nacional.³⁴

Otro indicador utilizado a fin de resaltar la relevancia e importancia, tanto de la manufactura, como del sector Metal-Mecánico, fue la TMCA, cuyos datos que se muestran en la tabla 19.

Las TMCA para los periodos 2003-2005 y 2005-2008 se muestran en la tabla mencionada y se observa que el sector tanto la industria manufacturera como el sector Metal-Mecánico, crecieron por encima del PIB nacional en ambos periodos, siendo el sector Metal-Mecánico el que mayor crecimiento tuvo en ambos periodos 4.58³⁵ por ciento y 6.07 por ciento, respectivamente, mientras que la manufactura y el PIB nacional crecieron entre un 3.75 por ciento y 3.81 por ciento en el caso de la primera y entre un 3.67 por ciento y 4.22 por ciento el ultimo. En ese sentido observamos que el sector de estudio creció alrededor de

³⁴ Censos Económicos 2004.

³⁵ Cálculos a partir de datos del **INEGI**. Dirección General de Estadísticas Económicas. Dirección General Adjunta de Cuentas Nacionales. Dirección de Cuentas de Corto Plazo y Regionales a precios de 2003.

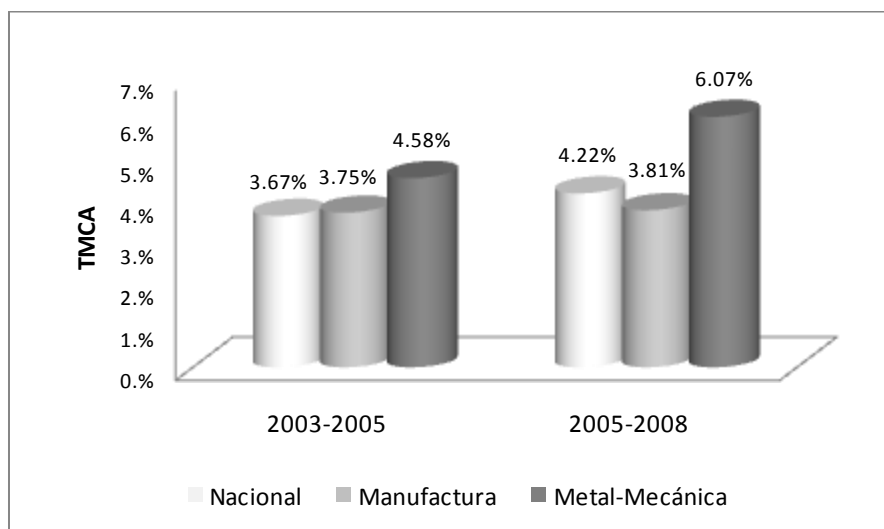
dos por ciento respecto del PIB nacional y entre uno y dos por ciento respecto de la industria manufacturera, para ambos periodos. En la gráfica 11 se muestra la evolución de las TMCA para el PIB, la manufactura y sector Metal-Mecánico.

Tabla 19 Tasas medias de crecimiento anual para el PIB, Manufactura y Metal-Mecánica, 2003-2005 y 2005-2008

Tasa Media de Crecimiento Anual		
Nivel	2003-2005	2005-2008
Nacional	3.67%	4.22%
Manufactura	3.75%	3.81%
Metal-Mecánica	4.58%	6.07%

Fuente: Elaboración propia en base a datos del **INEGI**. Dirección General de Estadísticas Económicas. Dirección General Adjunta de Cuentas Nacionales. Dirección de Cuentas de Corto Plazo y Regionales. Precios 2003

Gráfica 9 Tasas medias de crecimiento anual 2003-2005 y 2005-2008 para el PIB, manufactura y Metal-Mecánica



Fuente: Elaboración propia en base a datos del **INEGI**. Dirección General de Estadísticas Económicas. Dirección General Adjunta de Cuentas Nacionales. Dirección de Cuentas de Corto Plazo y Regionales.

A partir de los datos descritos, se resalta el hecho de que tanto la industria manufacturera, como el sector Metal-Mecánico, son pilares de la economía nacional, por lo cual estudiar los posibles efectos que el tratamiento de agua pueda generar en el sector Metal-Mecánico es relevante, debido al grado de aportación tanto a nivel valor agregado como nivel empleo.

4.3 La industria Metal-Mecánica en Coahuila

En México el sector manufacturero ha transitado hacia una regionalización de la producción durante el periodo posterior a la apertura comercial, influido en su mayoría por las políticas macroeconómicas aplicadas. Muchos estudios han demostrado que la actividad industrial se ha relocalizado de estados del centro del país hacia los estados de la frontera norte, como consecuencia principalmente, por la búsqueda de las firmas hacia una disminución del costo de traslado de las mercancías, aunada a menores costos de mano de obra.

Coahuila es uno de los estados más industrializados del país, debido a esto, el 90 por ciento de su población habita en zonas urbanas. Su aportación al PIB nacional, desde 2003 a 2008, según datos del INEGI, lo colocó en el décimo primer lugar con una aportación de entre 3.24 y 3.29 por ciento³⁶ (INEGI; 2010). La composición del PIB estatal se muestra en la tabla 20.

Tabla 20 Estructura del PIB Coahuila, 2008

Sector	Participación porcentual	
	Coahuila 2008	Nacional 2008
TOTAL	100	100
Agropecuario, silvicultura y pesca	2.76	3.84
Minería	2.92	5.26
Electricidad, gas y agua	1.5	1.35
Construcción	7.11	6.94
Industrias manufactureras	35.32	18.26
Comercio, restaurantes y hoteles	15.1	19.21
Transporte, almacenaje y comunicaciones	9.91	11.07
Servicios financieros, seguros, inmobiliarios y de alquiler	9.94	16.21
Servicios comunales, sociales y personales	13.94	17.09
Actividades del Gobierno	2.64	3.88
Servicios bancarios imputados	-1.13	-3.11

FUENTE: Elaboración propia con datos del **INEGI**. Dirección General de Estadísticas Económicas. Dirección General Adjunta de Cuentas Nacionales. Dirección de Cuentas de Corto Plazo y Regionales (INEGI, 2010).

³⁶ Para mayor información ver Anexo 4

De la tabla anterior, se observa que la industria manufacturera representó más de la tercera parte del PIB estatal (35.32%), teniendo mayor peso en que en la economía nacional, a nivel nacional el estado se ubicó en el quinto lugar de participación dentro del PIB manufacturero en el 2008, con el 6.29 por ciento de participación; de los estados de la frontera norte fue el segundo que más aportación tuvo ese mismo año en este indicador, el primero fue Nuevo León con el 10.53 por ciento, seguido por Chihuahua con un 4.77 por ciento, Baja California aportó un 3.63 por ciento, Sonora contribuyó en un 2.74 por ciento y Tamaulipas el 2.54 por ciento (INEGI, 2010).

La industria de manufacturera, produce la mayor derrama económica en el estado y conforma el 35.32 por ciento del PIB estatal (año 2008). Por otro lado el estado cuenta con una población ocupada de 1'042,614 personas, de las cuales el 20.12 por ciento se encuentra empleada en la manufactura (INEGI, 2009).

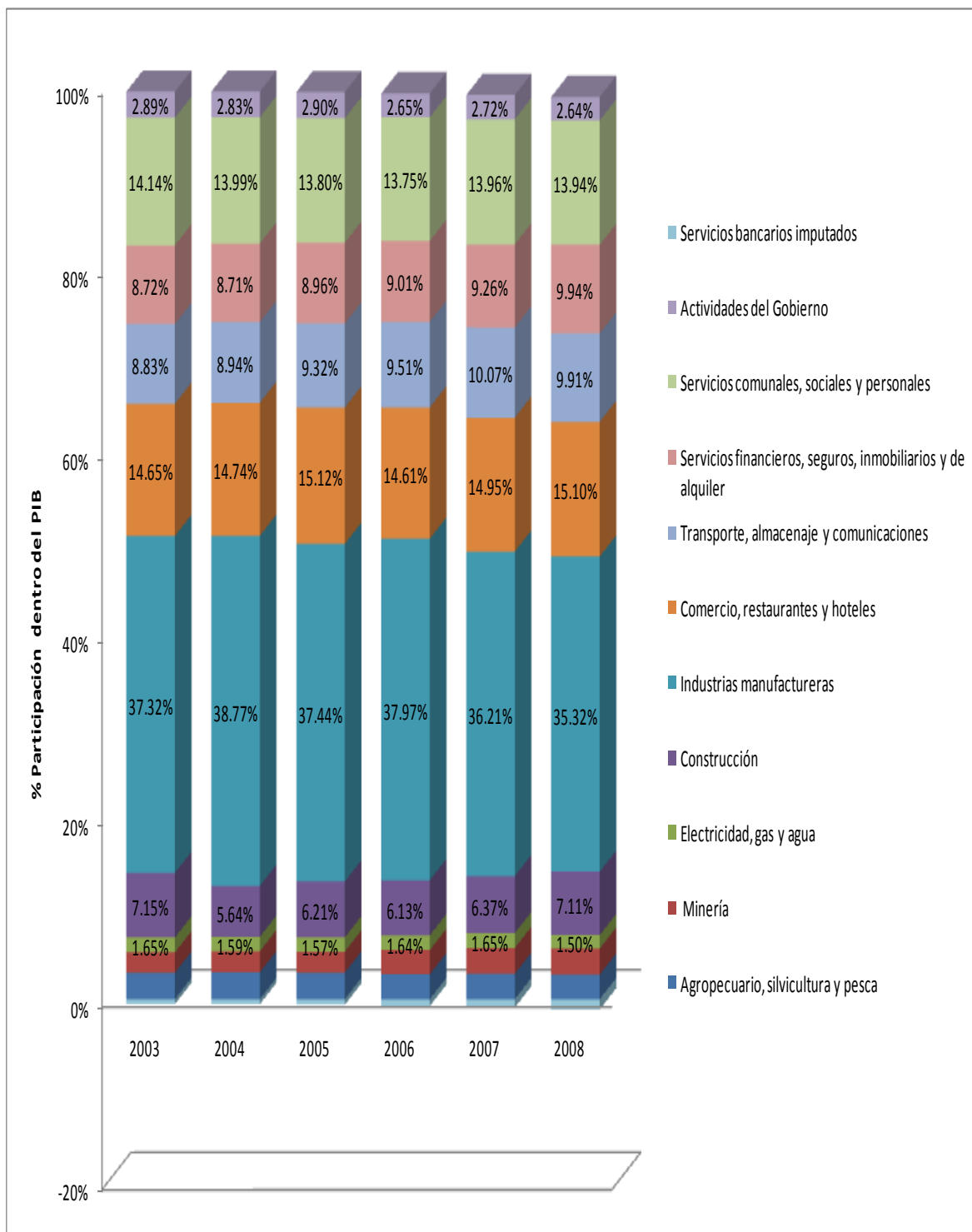
La evolución del PIB estatal se muestra en la gráfica 10, lo que se observa de esta gráfica es que el sector que predomina en cuanto a su aportación al PIB estatal es la manufactura, seguida por servicios y comercio.

La manufactura sigue siendo la principal generadora de valor agregado, aún y cuando ha tenido una baja en su participación al PIB estatal, pasando de 37.32 por ciento en 2003 a 35.32 por ciento en 2008.

Dentro de la composición del PIB manufacturero estatal destacan las industrias alimentaria, productos minerales no metálicos, la Metal-Mecánica y la industria alimentaria, se destaca que la Metal-Mecánica aporta al PIB manufacturero del estado alrededor del 70 por ciento.

Aún y cuando esta ha tenido un ligero descenso dentro de la participación al PIB manufacturero, pasando de un 70.45 por ciento en 2003 a un 69.24 por ciento en 2008. Las estadísticas y aportaciones al PIB manufacturero para los periodos 2003 a 2008 se muestran en las tablas 21 y 22.

Gráfica 10 Evolución de la participación porcentual del PIB de Coahuila, por actividad económica, 2003-2008.



FUENTE: Elaboración propia con datos del INEGI. Dirección General de Estadísticas Económicas. Dirección General Adjunta de Cuentas Nacionales. Dirección de Cuentas de Corto Plazo y Regionales (INEGI, 2010).

Tabla 21 Producto Interno Bruto Manufacturero de Coahuila de Zaragoza, 2003-2008. A precios de 2003

PIB Manufacturero	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Total (Miles de pesos)	87,457,176.78	94,897,020.30	93,570,220.51	100,977,957.61	98,059,926.18	97,453,298.05
Industrias alimentaria	7,591,505.84	8,327,315.89	8,595,796.23	9,136,508.95	9,378,752.85	9,433,369.07
Textiles	4,181,658.28	4,066,374.17	3,670,329.24	3,688,835.25	3,874,984.12	5,988,972.63
Industria de la madera	126,062.90	114,024.46	92,782.54	89,506.11	81,515.33	64,588.67
Industrias del papel	1,209,689.41	1,373,512.22	1,591,799.02	1,643,306.32	1,761,200.00	1,905,946.21
Derivados del petróleo	4,299,861.19	4,701,835.69	4,887,651.74	4,879,546.70	4,957,065.49	5,173,707.80
Fabricación de productos a base de minerales	7,680,593.73	7,713,408.04	7,826,558.30	8,071,593.50	7,885,642.76	6,666,143.81
Industria Metal-Mecánica	61,616,942.00	67,853,329.69	66,042,848.40	72,558,560.09	69,312,207.63	67,481,072.17
Fabricación de muebles y productos relacionado:	515,716.78	505,074.38	618,911.46	664,542.97	574,547.31	528,220.78
Otras industrias manufactureras	235,146.66	242,145.75	243,543.58	245,557.71	234,010.69	211,276.92

FUENTE: Elaboración propia con datos del **INEGI**. Dirección General de Estadísticas Económicas. Dirección General Adjunta de Cuentas Nacionales. Dirección de Cuentas de Corto Plazo y Regionales (INEGI, 2010).

Tabla 22 Participación porcentual del PIB manufacturero de Coahuila de Zaragoza, 2003-2008. A precios de 2003

Sector	Estructura porcentual					
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Industrias alimentaria	8.68	8.78	9.19	9.05	9.56	9.68
Textiles	4.78	4.29	3.92	3.65	3.95	6.15
Industria de la madera	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07
Industrias del papel	1.38	1.45	1.70	1.63	1.80	1.96
Derivados del petróleo	4.92	4.95	5.22	4.83	5.06	5.31
Fabricación de productos a base de minerales	8.78	8.13	8.36	7.99	8.04	6.84
Industria Metal-Mecánica	70.45	71.50	70.58	71.86	70.68	69.24
Fabricación de muebles y productos relacionados	0.59	0.53	0.66	0.66	0.59	0.54
Otras industrias manufactureras	0.27	0.26	0.26	0.24	0.24	0.22
Total	100	100	100	100	100	100

FUENTE: Elaboración propia con datos del **INEGI**. Dirección General de Estadísticas Económicas. Dirección General Adjunta de Cuentas Nacionales. Dirección de Cuentas de Corto Plazo y Regionales (INEGI, 2010).

De acuerdo con datos del INEGI tomados del censo económico 2009, la industria manufacturera estatal contó con 7,889 unidades económicas, que representaron el 11.38 por ciento del total del estado, respecto del año 2003 se incrementaron en 1,119 unidades. Éstas emplearon a un total de 202,353 personas, representando el 30.62 por ciento del personal ocupado en 2008 (INEGI, 2004; INEGI, 2009).

Para determinar cuál es el impacto de la Metal-Mecánica sobre el empleo y el PIB estatal, respecto de la manufactura estatal, analicemos sus TMCA, respecto del personal ocupado, sus coeficientes de localización y de especialización industrial.

En el año 2008, la Metal-Mecánica generó alrededor de 53 empleos de cada 100 del total ocupado por la manufactura. Formando un fuerte arrastre en el empleo creado por la manufactura.

Durante el periodo 1994-1999, el sector Metal-Mecánico reportó una tasa de crecimiento positiva en la generación de empleo, mostrando un incremento de 5.72 por ciento, sin embargo este crecimiento fue menor al que presentó la industria manufacturera que creció un 9.5 por ciento.

Para el siguiente periodo 1999-2004, la tasa de crecimiento fue superior a la del periodo inmediato anterior, con un incremento del 6.43 por ciento, superior al logrado por la industria manufacturera que reportó un crecimiento de 3.13 por ciento.

En el último periodo, 2004-2009, se encontró que también hubo un crecimiento del empleo dentro de la Metal-mecánica, si bien este no es muy significativo ya que su crecimiento fue 1.19 por ciento, se resalta que el sector Metal-Mecánico presentó un crecimiento positivo, no así la manufactura que sufrió una contracción en su crecimiento. Los datos relativos a las TMCA se muestran en la tabla 23.

Tabla 23 Tasas Medias de Crecimiento anual de la manufactura y Metal-Mecánica en Coahuila, 1994-2009

TMCA Personal Ocupado			
Nivel	1994-1999	1999-2004	2004-2009
Metal-Mecánica	5.72%	6.43%	1.19%
Manufactura	9.50%	3.13%	-1.38%

Fuente: Elaboración propia con datos del **INEGI** Censos Económicos 1994, 1999, 2004 y 2009.

Para determinar el nivel de especialización de la Metal-Mecánica dentro de la manufactura estatal, utilizaremos el coeficiente de localización. De acuerdo con Blair (1991), el coeficiente de localización (LQ_i) es una herramienta muy utilizada dentro del análisis económico regional que nos permite ver el nivel de especialización de una industria en una región en comparación a otra, ponderando el peso relativo ya sea del valor agregado o el empleo que alguna rama de la actividad económica con su correspondiente a la zona de referencia, generalmente se utiliza el conjunto nacional.

Este indica la relación entre la participación del sector "i" en la región "t" y la participación del mismo sector en el total tomado como patrón de referencia y se utiliza por tanto, como medida de la especialización relativa o interregional.

El coeficiente de localización (Blair, 1991) es calculado mediante:

$$LQ_i = \frac{e_i/e_t}{E_i/E_t} \quad [1]$$

Donde

e_i = empleo o valor agregado local de la industria i .

e_t = empleo o valor agregado local total

E_i = empleo o valor agregado de la industria i a nivel nacional

E_t = empleo o valor agregado total nacional

Los valores o rangos que puede adoptar este cociente se comportan de la siguiente forma:

$LQ_i = 1$ Cuando el tamaño relativo del sector i en la región t es idéntico al tamaño relativo del mismo sector en todo el país o en el patrón tomado como referencia. (No hay especialización en esta actividad).

$LQ_i < 1$ Cuando el tamaño relativo del sector i en la región t es menor al tamaño relativo del mismo sector en todo el país o en el patrón tomado como referencia. (Tampoco hay especialización en esta actividad).

$LQ_i > 1$ Cuando el tamaño relativo del sector i en la región t es mayor al tamaño relativo del mismo sector en todo el país o en el patrón tomado como referencia. En este caso se trata de una especialización regional en esta actividad. (Blair, 1991; Dávila, 2002).

En el caso particular el cálculo del coeficiente de localización para la rama metal mecánica, se realizó tanto a nivel empleo como valor agregado, se contrastó el estado contra el nivel nacional.

Los datos para el cálculo de los índices se recabo del censo económico de 1994, 1999, 2004 y 2009, a nivel clase de actividad que conforma la industria Metal- Mecánica³⁷.

En la tabla 24, se muestran los datos relativos a la información necesaria para el cálculo de los índices mencionados. Con los datos mostrados en esta, se calcularon los coeficientes de localización para el valor agregado y personal

³⁷Las clases de actividad tomadas en cuenta son: 331 Industria metálicas básicas, 332 Fabricación de productos metálicos, 333 Fabricación de maquinaria y equipo y 336 Fabricación de equipo de transporte.

ocupado, los resultados se muestran en la tabla 25. De los datos que se muestran en esta, se observa que la industria Metal-Mecánica en el estado tiene una fuerte participación en la economía estatal, tanto a nivel empleo como valor agregado, pues ambos rubros y para todos los periodos tienen un valor superior a uno, es decir, existe una especialización de la Metal-Mecánica en el estado. Lo que nos indica que existe una concentración tanto del empleo como del Valor Agregado Bruto (VAB) que es generado por la manufactura estatal.

Tabla 24 Datos para el cálculo de los coeficientes de localización de la Metal-Mecánica en Coahuila, 1994, 1999, 2004 y 2009

Año	Nivel	Personal ocupado total (POT)	VAB (Miles de pesos)
2009	Coahuila Metal-Mecánica	107,326	67,205,731
	Coahuila Manufactura	202,353	94,757,922
	Nacional Metal-Mecánica	1,098,773	440,884,325
	Nacional Manufactura	4,661,062	1,480,821,426
2004	Coahuila Metal-Mecánica	102,371	26,421,087
	Coahuila Manufactura	213,947	48,811,506
	Nacional Metal-Mecánica	966,277	245,261,185
	Nacional Manufactura	4,198,579	927,987,255
1999	Coahuila Metal-Mecánica	79,784	19,895,995
	Coahuila Manufactura	189,119	33,929,147
	Nacional Metal-Mecánica	896,605	162,586,873
	Nacional Manufactura	4,175,400	570,060,601
1994	Coahuila Metal-Mecánica	63,873	3,890,964
	Coahuila Manufactura	131,542	7,232,222
	Nacional Metal-Mecánica	1,010,475	53,139,985
	Nacional Manufactura	3,204,496	185,421,171

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI Censos Económicos 1994, 1999, 2004 y 2009.

Tabla 25 Coeficientes de localización para valor agregado y empleo en Coahuila, 1994-2009

Concepto	Coefficiente de Localización			
	1994	1999	2004	2009
VAB	1.88	2.06	2.05	2.38
POT	1.54	1.96	2.08	2.25

Fuente: Elaboración propia a partir de datos tomados del INEGI. Censos Económicos 1994, 1999, 2004 y 2009.

4.4 La industria Metal-Mecánica en la Zona Metropolitana de Saltillo

La Metal-Mecánica en la ZMS, genera 6 de cada 10 empleos de los que demanda la manufactura local, 40 de cada 100 de los generados por esta misma a nivel estatal y 4 empleos de cada 20 del total de los generados por la manufactura a nivel estatal.

Por lo que hace al VAB, este sector se encuentra fuertemente concentrado, pues de cada 100 pesos generados en la región, la Metal-Mecánica aporta 73, así mismo a nivel estatal la región aporta alrededor de 5 pesos por cada 10, y a nivel de VAB de la aportación manufacturera genera alrededor del 34 por ciento del total, en otras palabras, la mayor parte tanto a nivel empleo como a nivel de valor agregado la ZMS contribuye en gran medida con el desarrollo del estado.

A fin de entender la dinámica que la Metal-Mecánica tiene en la región de estudio analizaremos lo referente al nivel de empleo y valor agregado generado por esta, el grado de especialización o diversificación que presenta.

Por lo cual se presentan las tasas de crecimiento del empleo dentro de la Metal-Mecánica a nivel ZMS, coeficientes de localización, tanto del personal ocupado como VAB. Lo que permitirá observar cómo ha evolucionado el empleo y el VAB en la ZMS.

Durante el periodo 1994-1999, el empleo dentro de la ZMS, se incrementó en 1.56 por ciento, se resalta que durante el mismo periodo el empleo generado por esta, a nivel nacional presentó una contracción, pues su tasa de crecimiento negativa fue de -2.94 por ciento, también se observa que el empleo a nivel estatal fue superior al de la región.

Para el siguiente periodo 1999-2004, las tasas calculadas fueron superiores a las presentadas en el periodo anterior, el empleo generado por la Metal-Mecánica a nivel nacional presentó una recuperación, pues tuvo una tasa de crecimiento positiva de 1.89 por ciento, en lo que respecta al empleo a nivel

estatal la mejora fue de alrededor uno por ciento, se observa que a nivel ZMS la tasa de crecimiento con respecto al periodo inmediato anterior fue más significativo que en los dos niveles restantes.

En el último periodo, 2004-2009, tanto la Metal-Mecánica de la ZMS, del estado y nacional, presentaron tasa de crecimiento positivas, sin embargo, fue a nivel ZM en donde el empleo de incremento más, seguido por el empleo a nivel nacional y por último dentro del estado (Tabla 26).

Tabla 26 Tasas medias de crecimiento anual del personal ocupado en la Metal-Mecánica en la ZMS, 1994-2009

TMCA Personal Ocupado			
Nivel	1994-1999	1999-2004	2004-2009
ZMS Metal-Mecánica	1.56%	4.48%	9.01%
Coahuila Metal-Mecánica	5.72%	6.43%	1.19%
Nacional Metal-Mecánica	-2.94%	1.89%	3.26%

Fuente: Elaboración propia con datos del **INEGI** Censos Económicos 1994, 1999, 2004 y 2009.

Para la construcción del coeficiente de localización del sector Metal-Mecánico en la ZMS, se considero la ecuación 1 descrita en el apartado anterior. Se tomaron datos de la industria manufacturera a nivel clase, de los censos económicos 1994, 1999, 2004 y 2009 publicados por INEGI, que se muestran en la tabla 27.

En la tabla 28 se presentan los cálculos del índice a nivel ZMS en Coahuila, esto es considerando el sector manufacturero en su totalidad, para después desagregarlo a tres dígitos y observar cual es el grado de especialización de la ZMS, el comparativo se realizó con el respectivo nacional.

Los resultados indican que en la ZMS, existe un alto grado de especialización en la Metal-Mecánica, se observa que hay una tendencia a la

especialización en la región, pues este indicador en cuanto a POT, paso de 1.77 a 2.5, lo que indica que hay una especialización mayor en la actualidad.

En lo referente al VAB, este también se incremento, lo que nos indica, que la economía de la región se concentro más en la industria de estudio. Podemos ver que tanto el empleo como el VAB, tienen una fuerte influencia y arrastre en la ZMS, que impacta directamente en la economía estatal.

Tabla 27 Datos para el cálculo de los coeficientes de localización de la Metal-Mecánica en la ZMS, 1994, 1999, 2004 y 2009

Año	Nivel	POT	VAB (Miles de pesos)
2009	ZMS Metal-Mecánica	43,620	32,413,639
	ZMS Manufactura	72,029	44,102,610
	Nacional Metal-Mecánica	1,098,773	440,884,325
	Nacional Manufactura	4,661,062	1,480,821,426
2004	ZMS Metal-Mecánica	30,885	13,853,096
	ZMS Manufactura	56,136	23,535,658
	Nacional Metal-Mecánica	966,277	245,261,185
	Nacional Manufactura	4,198,579	927,987,255
1999	ZMS Metal-Mecánica	25,917	9,512,801
	ZMS Manufactura	55,131	16,349,918
	Nacional Metal-Mecánica	896,605	162,586,873
	Nacional Manufactura	4,175,400	570,060,601
1994	ZMS Metal-Mecánica	24,365	1,885,069
	ZMS Manufactura	43,549	3,421,289
	Nacional Metal-Mecánica	1,010,475	53,139,985
	Nacional Manufactura	3,204,496	185,421,171

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI Censos Económicos 1994, 1999, 2004 y 2009.

Tabla 28 Coeficientes de localización para valor agregado y empleo para la ZMS, 1994-2009

Concepto	Coeficiente de Localización			
	1994	1999	2004	2009
VAB	1.92	2.04	2.23	2.47
POT	1.77	2.19	2.39	2.57

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI Censos Económicos 1994, 1999, 2004 y 2009.

Conclusiones

En síntesis, la industria del metal constituye una de las más básicas e importantes de los países industrializados. Su grado de madurez es a menudo un exponente del desarrollo industrial de un país. Esta tuvo sus inicios en el país durante la década de los años noventa con una reestructuración a raíz del agotamiento de lo que en su momento habían sido los pilares de la política de desarrollo de la industria básica del país; la protección y el involucramiento del Estado. El comportamiento de la industria manufacturera en su conjunto había sido de altibajos durante la primera mitad de la década de los noventa, destacándose por un buen desempeño en el crecimiento de la productividad de 4 a 5 por ciento promedio anual.

El sector Metal-Mecánico durante al año 2008 contribuyó con poco más del 37 por ciento del PIB generado por la manufactura, en cuanto su participación respecto del PIB el nacional en los años 2003 a 2008 osciló entre 6.62 por ciento y 6.78 por ciento.

Por lo que respecta al empleo el sector metal-mecánico genera 23 de cada 100 empleos del total generado por la industria manufacturera y 2.6 pesos de cada 10 del Valor Agregado Bruto generado por la manufactura nacional.

Dentro del estado la manufactura aporta más de la tercera parte del PIB estatal, por su aportación al PIB manufacturero nacional el estado se ubicó en el

quinto lugar de participación dentro del PIB manufacturero en el 2008, con el 6.29 por ciento de participación; de los estados de la frontera norte fue el segundo que más aportación tuvo ese mismo año en este indicador.

En lo que hace al empleo, estado cuenta con una población ocupada de 1'042,614 personas, de las cuales el 20.12 por ciento se encuentra empleado en la manufactura. La participación de la industria manufacturera dentro del PIB del estado ha ido en ascenso, el sector genera 73 empleo de cada 100 de los generados por la manufactura.

Dentro de la ZMS, la Metal-Mecánica, genera 6 de cada 10 empleos de los que demanda la manufactura local, 40 de cada 100 de los generados por esta misma a nivel estatal y 4 empleos de cada 20 del total de los generados por la manufactura a nivel estatal. Por lo que hace al VAB, este sector se encuentra fuertemente concentrado, pues de cada 100 pesos generados en la región, la Metal-Mecánica aporta 73, así mismo a nivel estatal la región aporta alrededor de 5 pesos por cada 10, y a nivel de VAB de la aportación manufacturera genera alrededor del 34 por ciento del total.

CAPÍTULO 5 MÉTODOS DE VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS RECURSOS NATURALES

Después de resaltar la relevancia de la Metal-Mecánica tanto desde la perspectiva nacional, estatal y regional, y toda vez que el estudio se enfoca a la determinación de la viabilidad económica de el tratamiento y reciclado de un recurso natural, por parte de la industria, en el presente capítulo se aborda el tema de la valoración de bienes y servicios ambientales desde dos perspectivas: En primer lugar, se introducen los fundamentos teóricos que sustentan la necesidad de valoración económica del medio ambiente y, en segundo término, se analizan los diversos métodos de valoración. En concreto, se pretende responder a los siguientes interrogantes: ¿Cuál es el *objetivo* y la *relevancia* de la valoración económica de bienes y servicios ambientales?; ¿Qué se entiende por *valor económico*?; ¿Cómo encontrar *medidas operativas* del valor económico? y, por último, ¿Cómo cuantificar esas medidas en contextos reales.

5.1 Introducción

En la actualidad se tiene una visión generalizada sobre la eficiencia de los mercados para la asignación de recursos escasos, sin embargo, sabemos que en presencia de externalidades estos no producen asignaciones socialmente eficientes (ejemplos: contaminación, congestión, etc.). Para la sociedad el desafío medioambiental estriba en encontrar los niveles óptimos de contaminación o disponibilidad de los recursos naturales, surgidos a partir de comparar los beneficios y costos sociales que generan, para la sociedad, las actividades responsables de la contaminación o escases de los mismos.

La valoración económica (VE) de los recursos naturales es importante en la búsqueda del DS, esto debido a que en términos económicos el usuario racional de los recursos naturales, tenderá a prevenir la depreciación innecesaria del

patrimonio materia prima e internalizado en la contabilidad empresarial y nacional, es decir, que en términos económicos el agente racional tiende a preservar aquello que le cuesta, sobre aquello por lo cual no paga (Tietenberg, 1988).

5.2 La necesidad de valoración económica de los recursos naturales

La valoración del ambiente significa *“poder contar con un indicador de su importancia en el bienestar de la sociedad, que permita compararlo con otros componentes del mismo”* (Azqueta, 1994).

Tanto un desarrollo económico ineficiente como uno extremadamente rápido, pueden traer como consecuencia la degradación del medio ambiente y de los recursos naturales. El crecimiento de la población, la extensión de los asentamientos humanos y la industrialización provocan creciente contaminación, en los factores físico-naturales más importantes para la supervivencia de las especies vivas. Estos problemas son el resultado de un desarrollo inadecuado y parte de su solución se encuentra en un crecimiento económico bien planificado.

El asunto, por tanto, no es escoger entre desarrollo y medio ambiente, sino proponer incorporar medidas de costo-eficiencia para restablecer, sustentar y proteger los sistemas naturales.

El DS aparece como una alternativa, desde hace varias décadas, y al igual que otros modelos surge a partir de las enormes crisis ambientales causadas por una racionalidad meramente económica y la progresiva pérdida de confianza en la viabilidad del modelo de crecimiento económico y modernización.

A fines de la década de los sesentas el enfoque del crecimiento económico fue revisado a la luz de las críticas que argumentaban que aún cuando muchos países alcanzaron un crecimiento económico sustancial, este no frenó la pobreza

del los países tercermundistas, ni revirtió los procesos de degradación natural y contaminación ambiental del Primer Mundo.

Como sabemos, los recursos naturales carecen de precio, ya que no existe un mercado dentro del cual puedan ser intercambiados. Sin embargo, esto no significa que carezcan de valor. Por lo tanto, es necesario contar con algún método o técnica que nos permita estimar dicho valor o contar con un indicador que nos muestre su importancia en el bienestar de la sociedad. Kriström, señala que la razón principal por la cual se valoran los bienes que carecen de mercado es la misma por la que se valoran los bienes privados, es decir, probablemente se hará un uso más eficiente de los mismos si dichos bienes muestran un precio (Kriström, 1995; Del Saz & Pérez, 1999:43).

5.3 Valor económico

El bienestar social, en un sentido amplio, es entendido como aquello que los miembros de una sociedad consideran que mejora su calidad de vida, tanto individual como colectivamente. Desde el punto de vista de la economía, el bienestar social se basa en la satisfacción de las preferencias de los agentes económicos, suponiendo que estos maximizan su bienestar escogiendo aquellos bienes que más les satisfacen. Lo anterior implica que los propios sujetos tienen la capacidad de juzgar su nivel de bienestar, lo cual significa que hacen un uso eficiente de los bienes para maximizar su utilidad, dado lo cual se presuponen agentes racionales.

Partiendo de lo anterior el análisis económico utiliza la *observación de las conductas sociales* para extraer las consecuencias sobre los cambios en el nivel de bienestar de las personas y desarrollar medidas apropiadas para evaluar los cambios en el bienestar social. En esa tesitura surge el concepto de *valor económico* como construcción teórica que refleja el bienestar de las personas. Así,

un objeto o una experiencia tendrán valor económico si aumenta el bienestar de quien lo consume o disfruta.

Si se asume que el bienestar de las personas se origina a través de la satisfacción de sus preferencias, la medida de este bienestar, el valor económico, podrá inferirse analizando los comportamientos sociales, individuales y colectivos. Una forma de expresar las preferencias personales es mediante el deseo de dar algo a cambio de ó a través del deseo por recibir una compensación debido a una alteración en una situación o estado social inicial. Ambas acciones, la *disposición a pagar* o la *disposición a aceptar* una compensación, pueden expresarse en unidades monetarias.

Ahora bien, aunque los bienes ambientales poseen un *valor intrínseco*, no derivado de las preferencias humanas sobre ellos y se les imputa un valor económico la diferencia entre ellos es que el segundo puede ser medido y, por tanto utilizado, en el contexto del análisis económico de las cuestiones ambientales, y el primero no.

El valor económico de los bienes ambientales se representa por la agregación de tres valores (Pearce & Turner, 1995):

- El valor de uso actual, es el valor que los usuarios de un bien identifican con el uso y disfrute de dicho bien.
- El valor de opción, es el valor para aquellos que aunque no obtienen un beneficio directo de ese bien, estarían dispuestos a pagar una cantidad de dinero por tener la posibilidad de uso
- El valor de existencia, valor que se asocia a un bien ambiental con independencia del uso real o posible del mismo. Es un *valor altruista* asociado con la transferencia de rentas entre generaciones

Así, la concepción económica del valor representa una aproximación a la medida que sostiene que es posible expresar las distintas propiedades del medio

ambiente en términos monetarios, puesto que todos estos atributos ambientales pueden reflejarse, de alguna manera, en las preferencias sociales.

5.4 Métodos de valoración económica de los recursos naturales

En las últimas décadas, las metodologías de valoración ambiental han tenido un amplio desarrollo en la medición de aquellos aspectos que antes se clasificaban como intangibles y que en la actualidad, pueden medirse en términos monetarios, sin embargo, la diferencia entre bienes, servicios e impactos ambientales puede implicar el uso de diferentes metodologías para la valoración de cada uno.

Las discrepancias entre los términos anteriores radica en que los primeros son recursos tangibles, utilizados por el ser humano como insumos en la producción o en el consumo final, se gastan y transforman en el proceso, mientras que los segundos tienen como características que no se gastan y no se transforman en el proceso, pero generan indirectamente utilidad al consumidor, finalmente, los impactos ambientales, también conocidos como externalidades, son el resultado o el efecto de la actividad económica de una persona sobre el bienestar de otra.

De acuerdo con Azqueta (2002:85) el estudio del impacto económico de los recursos naturales representa un problema ya que generalmente este tipo de bienes carece de mercado. Por tanto los consumidores no revelan, de manera explícita cuánto vale para ellos ese servicio, ante esto es necesario generar métodos de valoración indirectos que nos permitan ver el valor que los agentes económicos otorgan a estos, los cuales se basan en el supuesto de que los bienes naturales se combinan a otros para producir determinados bienes, por lo cual a partir de esta combinación es posible analizar cómo, los agentes económicos valoran esos bienes estudiando su comportamiento en los mercados reales de los bienes con los que están relacionados (*Preferencias reveladas*), por otro lado esto

no siempre es factible realizarlo, en tal caso son necesarios los métodos directos de valoración, basados en lo que las personas afirman al respecto (*preferencias declaradas*), a fin de poder determinar el valor de determinado recurso natural.

Existen diversos métodos y técnicas de valoración (EDIEN, 1995; OECD, 1994; Dixon, 1994; Reveret *et al.* 1990; Hufschmidt *et al.*, 1983; Barzev, 2002). Generalmente se clasifican bajo distintas formas, según el concepto de valor adoptado, los algoritmos de solución usados y el grado de disponibilidad de la información requerida (Agüero, 1996). De acuerdo con lo anterior se presenta un resumen de los diferentes métodos de valoración económica de los recursos naturales, supuestos y desventajas. Podemos clasificar los métodos de valoración de acuerdo al origen y disponibilidad de la información en:

- Métodos de valoración directos
- Métodos de valoración indirectos
- Análisis Costo-Beneficio.

5.4.1 Métodos de valoración directa

Éstos se basan en precios de mercado disponibles o en observación de cambios en la productividad. Se aplican cuando un cambio en la calidad ambiental o disponibilidad de un recurso afecta la producción o la productividad (Pearce *et al.*, 1989).

Los métodos directos cubren un rango mayor al que comprenden los métodos indirectos, su objetivo es descubrir el valor que los agentes les otorgan a los bienes naturales haciendo una simulación sobre el mercado donde estos pudieran adquirirse. Dentro de estos encontramos diversos métodos de valoración como: Valoración Contingente y Ordenación Contingente, los cuales mencionaremos a continuación.

La valoración contingente, fue propuesta por Davis (1963), su objetivo principal era estimar los beneficios y en ocasiones los costos de una variación en el nivel de provisión de un determinado recurso natural.

Parte de la premisa de saber el valor que las personas le otorgan a un recurso natural en específico, se realiza a través de encuestas directas a los afectados. Se construye un mercado hipotético cuidadosamente estructurado para el recurso estudiado y se intenta averiguar cuál es el precio que se estaría dispuesto a pagar por dicho bien (Hanley & Spash, 1993:53-73). Las encuestas por lo general están compuestas de tres partes: la que se refiere a información relevante sobre la materia de estudio, la que pretende averiguar el monto que se está dispuesto a pagar y por último, la que pretende saber sobre los aspectos socioeconómicos más importantes acordes con el objeto de estudio.

Este método se utiliza ampliamente en Estados Unidos de Norteamérica, donde ha tenido aceptación incluso en tribunales de justicia, como método de determinación de compensaciones a ciudadanos ante ciertos desastres ecológicos, como en el caso del accidente Exxon Valdez.

La valoración contingente, presenta una serie de inconvenientes que derivan del hecho de que la respuesta del entrevistado no refleja la valoración verdadera que este tiene del bien estudiado, esto ocasiona diversas clases de sesgo, lo cual implica que se hagan inferencias falsas sobre el impacto económico del recurso natural objeto de estudio.

Por otro lado tenemos el método de la ordenación contingente, esta es relativamente nueva dentro de la valoración contingente de los recursos naturales, es utilizada frecuentemente en la investigación de mercados y la economía del transporte. Su metodología parte de la realización de encuestas y pedir al entrevistado que clasifique un conjunto de alternativas en las que se describen calidades medioambientales obtenibles a ciertos costes. Para estimar la disponibilidad de pagar por parte de los agentes económicos basada en este tipo

de datos se utilizan técnicas econométricas. Una ventaja adicional que presenta este método es: el hecho de que al entrevistado le puede resultar más fácil realizar una ordenación de alternativas que valorar económicamente la calidad de algún atributo ambiental (formato abierto).

5.4.2 Métodos de valoración indirecta

Los métodos de valoración indirecta hacen uso de los precios de mercado en forma indirecta. Se usan cuando diversos aspectos o atributos de los recursos naturales o servicios ambientales no tienen precios reflejados en un mercado establecido (Azqueta, 2002). Se apoyan en relaciones de complementariedad que supone que para disfrutar de los recursos naturales es necesario consumir otro tipo de bienes, dentro de estos encontramos los precios hedónicos y el costo de viaje; así mismo puede suceder que los recursos naturales formen parte de las funciones de producción o de utilidad de los agentes económicos, dentro de estos encontramos los costos de reposición y basados en las funciones de producción. A continuación abordaremos brevemente cada uno de ellos.

El método de precios hedónicos, se deriva de la teoría de las características de los bienes desarrollada por Lancaster (1966), Griliches (1971), y Rosen (1974), los primeros estudios donde fue utilizado comenzaron a aparecer a finales de los años sesenta y principios de los setenta. La idea subyacente a la técnica de los precios hedónicos es que, si un bien está en realidad constituido por un conjunto de atributos, entonces su precio de mercado deberá ser un agregado de los precios individuales de todos ellos. En el contexto de la valoración ambiental, el método de los precios hedónicos persigue identificar aquellos atributos o características ambientales de un activo que conforman su precio de mercado. Mediante técnicas estadísticas de regresión es posible medir el deseo a pagar por aquellos aspectos ambientales (cuantitativos y cualitativos) del activo analizado y estimar su contribución al valor global de mercado (Hanley & Spash, 1993).

Este método se ha utilizado frecuentemente para medir el impacto de la calidad del aire, el nivel de ruidos o la proximidad de zonas verdes en el precio de las viviendas urbanas.

El método de costo de viaje, es considerado como la técnica más antigua de valoración para bienes que carecen de mercado, fue desarrollado por Hotelling en 1947, sin embargo fue introducido a la literatura económica por otros economistas v. gr. Wood & Trice (1958) (Hanley & Spash, 1993). Mediante encuestas y estimaciones de costo de traslado del lugar de origen al lugar turístico (parque, playas, montañas, etc.) se determinan los costos incurridos por los visitantes según distancia, medio de transporte y condiciones de uso (Turner *et al*, 1993).

Los costos de reposición, Consiste en determinar los costos de reemplazar un activo ambiental que ha sido deteriorado mediante su uso, este método tiene las limitaciones de que no permite elegir a los agentes cual es la combinación de los bienes naturales y privados que necesitan. Por otro lado, encontramos también el método basado en la función de producción, tiene las premisas de que dentro de la función de producción las firmas mezclan tanto recursos naturales como bienes privados, en este se determina el pago al agente económico por el daño de los recursos naturales, nos permite observar la reacción de los agentes ante un cambio en el recurso natural (Azqueta, 2002:86-108).

5.4.3 Análisis Costo-Beneficio

El método del Análisis Costo-Beneficio (ACB), se encuentra ligado desde su nacimiento al análisis de proyectos de inversión, pretendiendo revelar las preferencias de la población respecto al proyecto propuesto.

El ACB es la principal herramienta analítica para la evaluación de las decisiones ambientales que utilizan los economistas (Barzev, 2002), usualmente se emplea en la valoración económica de proyectos. Permite informar acerca de la rentabilidad de determinada propuesta y considera aceptable una acción si los beneficios superan los costos.

En general, el ACB es una función basada en la eficiencia económica (en la cual los beneficios se prefieren más a menos, mientras que los costos son preferidos menos a más).

Diversos economistas³⁸ han realizado estudios utilizando el ACB y señalan que es una herramienta muy práctica para los distintos campos de las ciencias sociales donde se involucren decisiones, tal es el caso de la Ciencia Política, Políticas Públicas y la Ciencia Económica, entre otras.

Gramlich (1997), muestra la importancia, uso y limitaciones del ACB en su libro "*A Guide to Benefit-Cost Analysis*", en la primera parte de este aborda los alcances y evolución del ACB, también señala que en la vida cotidiana siempre se está utilizando esta herramienta a la hora de decidir en qué restaurante comer, el tipo de carro que deseas comprar.

Asegura que la aplicación del ACB es más complejo cuando el gobierno tiene que decidir, que cuando la decisión la toma la iniciativa privada, la diferencia entre ambos estriba en que las empresas toman los precios de mercado y el gobierno tiene que tomar los precios que reflejen con precisión los costos sociales. Además, la firma analiza los problemas desde su propia perspectiva, mientras el gobierno lo hace pensando en masas sociales (Gramlich, 1997).

³⁸ E. M. Gramlich (1997), J. Stiglitz (2002), Harry W. Richardson (1976), Diego Azqueta (2002), Layard & Glaister, Hanley & Splash (1993), Johansson (1993), etc.

De acuerdo con Stiglitz (2002), cuando una empresa debe tomar alguna decisión sobre la conveniencia o no de emprender alguna inversión, se debe llevar a cabo un procedimiento dividido en cuatro etapas.

1. Identificar el conjunto de proyectos posibles que deben examinarse. Por lo cual, la primera fase consiste en enumerar las principales opciones.
2. Identificar todas las consecuencias de estas posibilidades. Toda vez que a la empresa le preocupa principalmente los factores que tiene que pagar y los productos que puede vender.
3. Asignar un valor a cada uno de los factores y de los productos.
4. Sumar los costos y los beneficios para hallar la rentabilidad total del proyecto.

Una vez analizadas todas las posibilidades factibles, la empresa realizará el proyecto que genere el mayor beneficio (la diferencia máxima entre los beneficios y los costos), naturalmente siempre que los beneficios sean positivos, de lo contrario se invertirá en otro lugar. De lo anterior podemos decir que el ACB consiste en medir, agregar y comparar todos los beneficios y todos los costos de un proyecto o programa en particular.

Para instrumentarlo existen fundamentalmente cuatro pasos:

1. Especificar claramente el proyecto o programa
2. Describir cuantitativamente las entradas y salidas del estudio.
3. Calcular los costos y beneficios de las entradas y salidas.
4. Comparar los benéficos con los costos.

La relación Costo-Beneficio se calcula de la siguiente manera:

$$\frac{\textit{Beneficios brutos}}{\textit{Costos brutos}}$$

En este caso si la ratio Beneficio-Costo es $1 > 1$, el proyecto es rentable, por el contrario una ratio < 1 , la alternativa no es viable, se resalta que en el caso de existir varias alternativas viables, se debe escoger aquella que nos arroge una ratio más alta.

Conclusiones

La VE de los recursos naturales es importante en la búsqueda del DS porque, en términos económicos el usuario racional de estos recursos tenderá a prevenir la depreciación innecesaria del patrimonio materia prima e internalizado en la contabilidad empresarial y nacional. La concepción económica del valor representa una aproximación a la medida que sostiene que es posible expresar las distintas propiedades del medio ambiente en términos monetarios, puesto que todos estos atributos ambientales pueden reflejarse, de alguna manera, en las preferencias sociales. Así mismo por lo que toca al estudio del impacto económico de los recursos naturales representa un problema debido, a que generalmente este tipo de bienes carece de mercado.

Debido a que los recursos naturales se encuentran fuera del mercado, su valoración en términos económicos, es muy subjetiva, ya que determinar el nivel que bienestar que estos nos proporcionan, no siempre es factible, sin embargo dentro de la teoría económica se han desarrollado diversos métodos a fin de tener una aproximación al valor económico de estos.

CAPÍTULO 6 METODOLOGÍA

Una vez expuesta la pertinencia y relevancia económica tanto de la industria metal-mecánica como del recurso hídrico, y después de hacer una breve revisión literaria acerca de los diversos métodos de valoración económica de los recursos naturales. En el presente capítulo se aborda el marco metodológico del ACB (metodología que se utiliza para estudiar el problema de la presente investigación).

Es pertinente mencionar, previo al desarrollo de la metodología a utilizar para la evaluación económica del impacto del tratamiento y reciclado del agua para la rama Metal-Mecánica en la ZMS, que después de revisados los diversos métodos de valoración económica de los recursos naturales, se optó por el ACB, esto debido a que el ACB. Nos ofrece un amplio espectro de análisis que nos permite evaluar en valor presente valores futuros y poder determinar si un proyecto es viable económicamente. Así mismo no ofrece una visión amplia para la determinación de los posibles impactos que este puede tener aún y cuando en ocasiones estos no puedan ser monetarizados.

Por lo anterior y debido a que se pretende determinar si es rentable para la Metal-Mecánica la implementación de un proyecto de naturaleza ambiental, es que se escogió el ACB sobre los demás.

6.1 Análisis Costo-Beneficio

Los inicios del ACB datan desde más de un siglo, a principios del año 1808, fue utilizado por el secretario del tesoro de Estados Unidos Albert Gallatin, para comparar los costos y beneficios de proyectos enfocados al agua (Hanley & Spash, 1993); sin embargo, el trabajo más comentado sobre lo inicios del ACB es el publicado por Jules Dupuit, quien estudio los costos y beneficios en la

construcción de un puente, su obra más famosa es “*On the utility of public work's*” (1844). Introduce el concepto del excedente del consumidor³⁹ (Johansson, 1993).

Hammond, (1958) fue uno de los primeros en aplicar los principios del ACB sobre el control de la contaminación; le siguieron diversos avances en la materia en *Resources for the Future* (Kneese, 1962; Kneese & Bower, 1968).

De acuerdo con Hanley & Spash (1993), el ACB puede ser utilizado para el manejo del medio ambiente, señala que este ha sido ampliamente utilizado por el gobierno de Estados Unidos para evaluar proyectos relacionados con el agua, resalta de igual manera que esta herramienta desde la década de 1970 ha sido muy utilizada por Estado Unidos para las regulaciones ambientales.

Para los autores el ACB debe como mínimo definir el proyecto a analizar, identificar los impactos, una vez identificados los impactos, se debe decidir cuales de estos son económicamente relevantes, cuantificación física de los impactos, monetarización de los impactos, descuento, análisis de riesgo y sensibilidad, si los beneficios superan a los costos el proyecto es viable (Hanley & Spash, 1993).

Una vez desarrolladas todas y cada una de las etapas señaladas con anterioridad, el analista elegirá aquel proyecto que refleje la mayor relación costo-beneficio, es decir aquel que reditué mayor utilidad, en la tabla 29 se muestran las consideraciones relevantes del ACB señaladas por los autores.

Para Barzev (2002) el ACB es una herramienta muy utilizada para la toma de decisiones de política pública, señala que el ABC implica medir, adicionar y comparar todos los beneficios contra los costos de un proyecto o programa público determinado. Para él los pasos esenciales del ACB son cuatro, mostrados en la figura 10.

³⁹ Diferencia entre la cantidad máxima de dinero que un consumidor estaría dispuestos a pagar por una determinada cantidad de un bien o servicio y la que realmente paga.

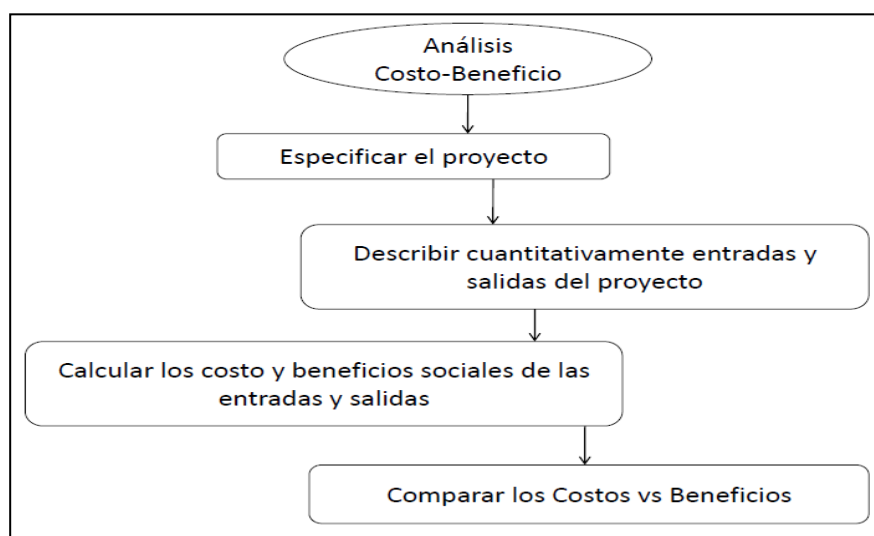
Tabla 29 Consideraciones relevantes del Análisis Costo-Beneficio

Etapa	Observaciones
Descripción del proyecto	Determinación de los recursos asignados
Identificación impactos	Cuales son los posibles efectos en la sociedad (mayor beneficio, menor costo).
Relevancia	Maximización del beneficio
Cuantificación física	Métodos de valoración tradicional (indicadores y datos)
Valoración monetaria	Expresar los costos y beneficios en unidad monetaria para su comparación
Descuento de flujos	Actualizar valores futuros a valores presentes
Análisis de sensibilidad	Simulación de escenarios alternativos

Fuente: Elaboración propia, en base a Hanley & Splash (1993) "Cost-Benefit Analysis And The Environment"

Para el autor, cada uno de los pasos a seguir en el ACB, está conformado por diversos componentes. Al realizar un ACB el primer paso es el decidir la perspectiva desde la cual se va a realizar el estudio, posteriormente se identifican los principales elementos del proyecto o programa, el siguiente paso es determinar los flujos relevantes de entradas y salidas, una vez realizado esto se deben medir costos y beneficios, para finalizar, es necesario comparar los beneficios y los costos (Barsev, 2002).

Figura 10 Pasos esenciales para la elaboración del Análisis Costo-Beneficio



Fuente: Elaboración propia en base a Barzev (2002:47), Guía metodológica de Valoración Económica de Bienes, Servicios e Impactos Ambientales

Por su lado, Boardman *et al* (1996) señalan que el ACB es una herramienta utilizada para la toma de decisiones de tipo social, de manera específica sirve para facilitar una asignación social eficiente, destacan su utilidad dentro del contexto de política pública, sin embargo también puede ser utilizado por los particulares, para ellos el ABC debe tener nueve etapas, resumidos en la tabla 30.

Tabla 30 Las realidades de la elaboración de un Análisis Costo-Beneficio

1	Decidir cuales costos y beneficios son relevantes.
	Qué tipo de perspectiva es la que se decidió (global, nacional, estatal o local).
2	Seleccionar entre las diversas alternativas.
	Potencialmente infinita, el analista debe seleccionar un subconjunto razonable.
3	Catalogar los impactos (físicos) potenciales y seleccionar indicadores
	Es difícil identificar los impactos específicos cuando procesos biológicos o ciencias no desarrolladas están involucrados. Los impactos verdaderos pueden ser no observables.
4	Predecir cuantitativamente los impactos durante la vida del proyecto
	La predicción es difícil, sobre todo durante largo periodos cuando se tienen sistemas complejos
5	Monetarización de los impactos (expresar impactos en dólar)
	Donde hay precios de mercado no adecuados, se necesita “catalogar” esa rara circunstancia. Frecuentemente los beneficios más importantes son difíciles de medir.
6	Descontar en el tiempo para encontrar valores presentes
	Diversas teorías sugieren diferentes tasas de descuento social.
7	Sumar todos los beneficios y los costos
	Algunos argumentos sobre los criterios de decisión.
8	Realizar análisis de sensibilidad
	Potencialmente infinito-el analista debe elegir un subconjunto razonable-.
9	Recomendar la alternativa con los mayores beneficios sociales netos
	¡Esto es usualmente fácil! Normalmente no representa dificultades prácticas ni analíticas, solo políticas. La única excepción es cuando el análisis de sensibilidad muestra que el Valor Presente Neto es demasiado incierto.

Fuente: Boardman *et al* (1996: 12)

Como puede apreciarse, si bien cada autor señala una serie de lineamientos a seguir para la elaboración del ACB, todos en esencia muestran las mismas etapas, por lo cual la elaboración de la evaluación económica del proyecto de tratamiento y reciclado del agua, se llevará en las siguientes etapas:

1. Objetivo y descripción del proyecto
2. Ubicación geográfica (unidad de análisis)
3. Horizonte temporal
4. Identificación de los posibles impactos
5. Monetización de costo y beneficios
6. Actualización a VAN de los valores futuros
7. Evaluación financiera
8. Elaboración de informe

Estas se llevaran a cabo en los siguientes dos capítulos, por lo cual dentro de este abordaremos las herramientas necesarias para monetización de los impactos y la evaluación del proyecto, como son el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Periodo de Recuperación (PR) y la Relación Beneficio/Costo (RBC), así mismo se hará alusión a las fuentes de información con las cuales se llevará a cabo la evaluación económica.

6.1.1 Valor Actual Neto

El VAN mide la deseabilidad de un proyecto en términos absolutos. Es decir, nos muestra cuánto cuesta en tiempo presente un valor monetario futuro, calcula la cantidad total en que ha aumentado el capital como consecuencia del proyecto. La expresión del valor futuro a tiempo presente esta dado por:

$$VAN_r = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \quad [2]$$

Donde:

r Es la tasa anual de descuento (interés)

t Es el tiempo (año) a partir del inicio de la inversión

n Es el horizonte temporal del análisis (en el caso 21 años)

B Son los beneficios (ingresos) totales

C Son los costos (egresos) totales

Este criterio plantea que el proyecto debe aceptarse si su VAN es mayor a 0, es decir si tiene un valor positivo, donde el VAN es la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual.

El criterio de decisión del VAN será:

Solo se consideran viables los proyectos con valor presente neto positivo. Esto es, que los beneficios en valor actual superen a los costos en valor presente.
 $VAN > 0$.

Sé erigirá, entre las alternativas viables, aquella con un VAN mayor.

Solo debe aceptarse un proyecto con VAN menor a cero, cuando se considera que los beneficios no cuantificables monetariamente son lo suficientemente importantes y significativos para la sociedad en su conjunto, como para incurrir en costos sociales y en una asignación ineficiente de los recursos de la sociedad.

En el caso que se considere evaluar a las distintas alternativas disponibles, con relación sólo a sus costos, la opción viable es aquella cuyo VAN sea menor, ello por que incide en menores costos.

6.1.2 Tasa Interna de Retorno

El criterio de la TIR evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por periodo con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual. La determinación de la TIR es de la siguiente manera:

$$TIR = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + r)^t} = 0 \quad [3]$$

Donde:

r Es la tasa anual de descuento (interés)

t Es el tiempo (año) a partir del inicio de la inversión

n Es el horizonte temporal del análisis (en el caso 21 años)

B Son los beneficios (ingresos) totales

C Son los costos (egresos) totales

La TIR representa la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero, si todos los fondos para el financiamiento de la inversión se tomaran prestados y el préstamo se pagara con las entradas en efectivo de la inversión a medida que se fuesen produciendo.

Para la aceptación de un proyecto cuya TIR es igual a la tasa de descuento se basa en los mismo aspectos que la tasa de aceptación de un proyecto cuyo VPN es cero.

El criterio de decisión mediante este criterio, es el siguiente: la inversión es atractiva, siempre y cuando su TIR sea superior a la tasa de descuento aplicable, en el caso de la presente investigación, se considerará que el programa es

económicamente viable si su TIR es superior a 12 por ciento (tasa de descuento aplicada)

6.1.3 Periodo de Recuperación

Uno de los criterios tradicionales de evaluación bastante difundido es el del periodo de recuperación de la inversión, mediante el cual se determina el número de periodos necesarios para recuperar la inversión inicial, este se compara con el número de periodos aceptable por la empresa. El principio que rige a este criterio es que entre más corto sea el periodo de recuperación de la inversión del proyecto más durará este y por tanto mayores serán los beneficios que este nos arroje. El cálculo de este se expresa mediante:

$$PR = \frac{I_0}{BN} \quad [4]$$

Donde:

PR Es el periodo de recuperación, y expresa el número de periodos necesarios para recuperar la inversión inicial I_0 cuando los beneficios netos generados por el proyecto en cada periodo son *BN*.

6.1.4 Relación Beneficio/Costo

Es un criterio tradicionalmente utilizado en la evaluación de proyectos, es el cociente entre el valor absoluto de los beneficios sobre los costos, actualizados a valor presente, está definida por:

$$RBC = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^n}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^n}} \quad [5]$$

Donde:

r Es la tasa anual de descuento (interés)

t Es el tiempo (año) a partir del inicio de la inversión

n Es el horizonte temporal del análisis (en el caso 21 años)

B Son los beneficios (ingresos) totales

C Son los costos (egresos) totales

El criterio de selección es, si la ratio es menor a 1 el proyecto no es económicamente viable, por lo tanto se debe rechazar; si esta es igual a 1 el proyecto es indiferente y se debe optar por otro criterio de selección; cuando la ratio es mayor a 1 el proyecto es viable económicamente y debe implementarse.

6.2 Datos

Para la elaboración del ACB propuesto en la presente investigación, fue necesario recopilar una serie de datos, los cuales se muestran a continuación.

Los datos relativos al volumen de extracción y tratamiento de agua tanto por la industria como por parte del municipio fueron proporcionados por la CNA, mediante Oficios BOO.E.21.0192 y CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de marzo y 25 de junio ambos del año 2010.

Por lo que hace a la determinación de la inversión necesaria para implementar el proyecto de **seis** PTARs dentro de la ZMS, consistentes en los costos de terrenos, maquinaria y equipo, costo de la nave industrial, procesos de prueba y estabilización para el cumplimiento de las NOMs y mano de obra para la construcción de las PTARs, los datos se proporcionaron por parte de Ingeniería

Básica, Licitación de la PTARs de Ramos Arizpe y Fomento Económico del Noreste de Coahuila A.C.

En lo referente a los costos de operación y mantenimiento de las PTARs, que comprenden sueldos, energía eléctrica, insumos y gastos corrientes, se proporciono información por parte del municipio de Ramos Arizpe y la PTARs de Saltillo.

Para la determinación de los costos por concepto del pago de derechos a la federación por concepto de extracción de agua, permiso por descarga de residuos tóxicos así como por sobrepasar los límites permisibles de las NOMs, se aplicaron las tarifas vigentes que prevé la Ley Federal de Derechos en materia de agua, para el año 2004.

El cálculo de las liquidaciones de los trabajadores del sector Metal-Mecánico, se realizó en base a datos tomados del censo económico levantado por el INEGI durante el año 2009 en lo que hace al POT, para la determinación del monto por concepto de liquidación por terminación colectiva de las relaciones de trabajo se harán los siguientes supuestos: 8 de cada 100 son secretarias, de cada 50 empleados ocupados en la industria 6 son utilizados en puestos administrativos, 8 de cada 10 son empleados como obreros en las siguientes categorías: herrero, oficial electricista para automóviles, oficial de fundidora, lubricación de automóviles, operador de maquinaria para fundidora, moldero de fundición de metales, mecánico tornero y oficial de pintura automotriz; para el cálculo de los años laborados por lo trabajadores, se considero que la mitad de ellos llevaba laborando 5 años, 23 de cada 100 prestó servicios por diez años, 6 de cada 50 empleados quince años, 1 de cada 10 laboro veinte años y 5 de cada 100 por veinticinco años; se tomo como salario base del cálculo de las liquidaciones, el Salario Profesional Mínimo Diario Zona Geográfica C, esto toda vez que no excede en dos veces el salario mínimo diario vigente en la zona, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre de 2009, para la

determinación del salario mensual se calculo multiplicando el Salario Mínimo Profesional por treinta días.

En lo referente a las cargas y beneficios fiscales por la implementación de proyectos pro-ambientales se está a lo sujeto por la Ley del Impuesto al Activo (LIA) y la Ley del Impuesto Sobre la Renta (LISR). En el caso de las PTARs y su maquinaria estas se deprecian al 100 por ciento en el primer año por el beneficio establecido en el artículo 41 fracción XVI de la LISR, por lo que hace al Impuesto al Activo, este era del 1.25 por ciento, sin embargo este fue derogado en el año 2008, por el Impuesto Empresarial Tasa Única (IETU), por lo tanto solo se aplicara dentro del periodo de vigencia.

Así mismo, la tasa de interés aplicada dentro de la presente investigación, es la utilizada por el gobierno mexicano, para la elaboración de proyectos sociales, que es del 12 por ciento de interés real.

Por último a partir del año 2005, en el caso de pago de derechos a la federación por concepto de extracción de agua y desalojo de aguas residuales, así como el pago de impuestos, y a partir del año 2011 en el caso de liquidaciones, se incremento un 4 por ciento anual, esto en base a dos razones principales: la primera es que debido a que el comportamiento histórico en México de todas las tasas involucradas en la evaluación financiera de un proyecto (como la inflación, el crecimiento económico, la inversión, etc.,) ha sido irregular y, por lo tanto, es difícil proyectar dicho comportamiento en un futuro, por lo cual los incrementos serán constantes, así mismo se observa una tendencia por parte de la federación de incrementar entre un 3.5 y 4.5 anual a los servicios y aumento de salarios por parte de esta, por lo cual se consideró un incremento constante del 4 por ciento anual.

CAPÍTULO 7 CASO DE ESTUDIO

En este capítulo se ubicará el entorno del proyecto, para esto se hará una breve reseña de la industria Metal-Mecánica en la cual se implantará el programa de tratamiento y reciclado de agua.

En la primera sección del capítulo se comentarán las características de la Metal-Mecánica en la ZMS; con esto, se podrá tener un mejor panorama de la industria en la que se implementará el proyecto y donde se llevará a cabo la evaluación del proyecto, y comprenderá el número de unidades económicas, el PO y el VCB que crea; lo anterior es importante, ya que estos indicadores nos muestran la situación actual de la industria dentro de la ZMS, así como su capacidad futura. Al mismo tiempo se describirá la localización geográfica de la ZMS, los espacios físicos de las diversas firmas que componen la Metal-Mecánica dentro de la zona de estudio y la situación del recurso hídrico dentro de la zona de estudio, con lo que se podrá entender la distribución espacial de la industria y del agua dentro de la ZMS.

En la segunda sección se analizarán todos los componentes necesarios para realizar el estudio. Se revisarán los consumos históricos y actuales de agua en relación a sus procesos productivos. Con esto, se ubicará al lector en la situación específica del programa de tratamiento y reciclado de agua.

Se realizará el estudio técnico del proyecto, es decir, se revisará la viabilidad, desde el punto de vista técnico, de construir PTAR dentro de los diversos parques industriales en los que se localizan las firmas que conforman a la industria estudiada dentro de la ZMS.

Por último, con base en los datos que se obtengan de las dos secciones anteriores, se procederá a realizar el estudio económico del proyecto.

7.1 Antecedentes

El crecimiento de la población y el desarrollo urbano e industrial en México ha provocado un aumento en la demanda de agua.

En la actualidad, la falta de una adecuada planeación en el desarrollo, una ineficiente asignación de recursos económicos, así como la sobreexplotación de los recursos naturales, han generado el deterioro en el medio ambiente y en la calidad de vida. En específico, la escasez del agua representa una preocupación tanto para las autoridades, como para las firmas, dados los efectos negativos que esta podría llegar a representar, ya que al no haber suficiente volumen del recurso hídrico, tanto las firmas como la población que se localizan en zonas donde esta es limitada, podrían migrar a zonas donde no exista tal limitación, lo que ocasionaría un decaimiento económico de esta.

Por lo cual el tema del tratamiento y reciclado de aguas industriales, es uno de los más importantes y controvertibles hoy día en el país, ya que con estas medidas a largo plazo se podría asegurar la existencia del agua a futuro tanto para la industria como para la población que se asientan en zonas, en las que por sus condiciones hidrológicas el agua es escasa.

Tal es el caso de la ZMS, que por sus condiciones topológicas e hidrológicas se abastece de aguas subterráneas, las cuales no se consideran renovables, esta situación puede generar efectos negativos directos en la ciudad y secundarios en el estado.

En este sentido, dado que la rama Metal-Mecánica tiene una fuerte participación en la región, y toda vez que estas dentro de sus procesos productivos utilizan una considerable cantidad de agua, se plantea el análisis costo beneficios enfocado a las industrias del ramo, respecto del tratamiento de aguas industriales, cuyo objetivo es mejorar la calidad de las aguas y el reúso de

las mismas en diversas partes del proceso, así como una conservación a largo plazo del agua, para garantizar el crecimiento sostenido de la región.

7.1.1 Antecedentes de la Metal-Mecánica en la Zona Metropolitana de Saltillo

El sector Metal-Mecánico dentro de la ZMS, es la principal fuente de ingresos y de generación de empleo en la región.

Durante el segundo cuarto del siglo XX, la ZMS experimento un cambio dentro de su estructura económica, cambió de las actividades puramente agrícolas y textiles a las industriales, dentro de esta se instalaron empresas como CIFUNSA, CINSA, Exito, Molinos el Fénix, entre otras (Saltillo, 2010).

A mediados del siglo XX como consecuencia de la política proteccionista del gobierno mexicano, llegaron a la ZMS empresas como Moto Iso en 1961, Zincamex, e *Inyec Diesel*. En el último cuarto del siglo XX, se instalaron dentro de esta empresas internacionales como *General Motors* y *Daimler Chrysler*, con sus respectivas empresas satélite, esto provocó una explosión industrial y un aumento considerable en la población, así como en el ritmo de vida en la ZMS (Saltillo, 2010).

Es considerada una de las zonas más industrializadas del país que conforma uno de los mayores *cluster* automotrices en México, desde 1970 se han instalado en la región plantas como Grupo Industrial Saltillo, *General Motors*, *Fiat Group*, *Chrysler*, *Daimler*, *Freightliner*, etc.

Existen más de 30 plantas proveedoras que consolidan a la ZMS como una zona industrializada y especializada en el sector automotriz (parte de la Metal-Mecánica). Es por esta razón que se le denomina "la Detroit de México". Eso se basa en el hecho de que en la zona metropolitana de Saltillo se producen el 24 por ciento del total nacional de vehículos

La Metal-Mecánica en la ZMS, genera 6 de cada 10 empleos de los que demanda la manufactura local, 40 de cada 100 de los generados por esta misma a nivel estatal y 4 empleos de cada 20 del total de los generados por la manufactura a nivel estatal.

Por lo que hace al VAB, este sector se encuentra fuertemente concentrado, pues de cada 100 pesos generados en la región, la Metal-Mecánica aporta 73, así mismo a nivel estatal la región aporta alrededor de 5 pesos por cada 10, y a nivel de VAB de la aportación manufacturera genera alrededor del 34 por ciento del total.

En la tabla 31 se muestran los indicadores referentes a unidades económicas, personal ocupado y valor bruto de la producción de la industria estudiada, de acuerdo con el Censo Económico 2009.

Tabla 31 Principales indicadores de la Metal-Mecánica, 2009

Concepto	Cantidad	Unidad de medida
Número de firmas	712.00	
Personal Ocupado	43,620.00	Empleados
Promedio de empleados por firma	61.26	Empleados
Valor agregado censal bruto	32,413,639.00	Miles de pesos
Promedio de valor agregado censal bruto	45,524.77	Miles de pesos

Fuente: Elaboración propia en base a datos del INEGI: Censo Económico 2009

De los datos mostrados en la tabla anterior, se desprende que para el año 2008, dentro de la ZMS se localizaron 712 formas que se dedican a la producción de bienes dentro de la industria Metal-Mecánica, las cuales generan un promedio de 61 empleados por unidad económica, contribuyendo al PIB estatal en alrededor de 45,524.77 miles de pesos, por unidad.

7.1.1.1 Ubicación geográfica de la Zona Metropolitana de Saltillo

La ZMS en relación a la cuenca Río Bravo⁴⁰ se localiza al sureste de la misma, al altiplano de la Sierra Madre Oriental, en el estado de Coahuila (CONAGUA, 2002d), colinda con los municipios de Castaños y Cuatro Ciénegas al norte, con los Estados de San Luis Potosí y Zacatecas al sur, Nuevo León al este y los municipios de General Cepeda y Parras de la Fuente, como se muestra en la figura 11.

Figura 11 Ubicación de la zona de estudio



Fuente: Cantú & Moreno (2002). Evaluación socioeconómica del proyecto “Planta Tratadora de Aguas Residuales para la ciudad de Saltillo, Coahuila”

⁴⁰ También se la conoce con el nombre de Río Grande.

7.1.1.2 Ubicación geográfica de las firmas dedicadas a la industria Metal-Mecánica en la Zona Metropolitana de Saltillo

Por lo que hace a las firmas que conforman la industria en estudio, de acuerdo con el Censo Económico de 2009 elaborado por INEGI, son 712 firmas. Estas de acuerdo al Fomento Económico del Sureste de Coahuila A.C (FESEC, 2010), se encuentran distribuidas en los parques industriales Santa María, Finsa, Santa Mónica, Amistad Ramos Arizpe, Saltillo-Ramos Arizpe y la Angostura, cuya ubicación y distribución se muestra a continuación.

El parque industrial Santa María, se encuentra localizado al noreste de Ramos Arizpe a 16.09 kilómetros de la ciudad de Saltillo, Coahuila y a 67 kilómetros de la ciudad de Monterrey, cuenta con una superficie de 758 hectáreas. En el anexo 6 se muestra la ubicación y distribución del parque.

Dentro de esta parque industrial se encuentran localizadas diversas firmas dedicadas al sector Metal-mecánico, por ejemplo; *Acero Prime, S de R.L de C.V*; *Camisa S, S.A de C.V*; *Estampados Magna de México*; *Formex Automotive Industries, S.A de C.V*; etc. (FESEC, 2010).

Por otro lado, el parque industrial Finsa, se localiza en el kilometro 10.8 de la Carretera Saltillo-Piedras Negras, cuenta con una superficie de 77.46 hectáreas, su ubicación y distribución se muestra en anexo 7. Dentro de este se localizan empresas como: *Autoensamble y Logística, S.A de C.V*; *Johnson Control Automotriz México, S de RL de CV*; *Lear Corporation Silao, SA de CV*; *Power Train Production Systems, S de RL de CV*, etc. (FESEC, 2010).

Así mismo, el parque Santa Mónica, está ubicado al suroeste de Saltillo, en la Carretera Federal 54 Zacatecas-Saltillo Km. 330, su localización y distribución, se puede apreciar en el anexo 8. En él se localizan firmas como: *Daimler Chrysler-RAM Assembly, Lear Corporation, Metalsa, Ninmex*, etc. (FESEC, 2010).

Dentro de la carretera Saltillo-Monterrey Km. 14.5 se ubica el parque industrial Amistad Ramos Arizpe, cuenta con 35 hectáreas, su ubicación se muestra en el anexo 9. Dentro de este, se encuentran firmas como: LinaMar de México, *Metaldyne Sintered Component* de México, S de RL, etc. (FESEC, 2010).

El parque Saltillo-Ramos Arizpe, está sobre la carretera Saltillo-Monterrey kilometro 14.5. Dentro de él se encuentran empresas como: Aceros fundidos internacionales S de RL, Aleación y Metales industriales, SA, distribución de Aceros y Coponentes, Fundición JV de SA, *Inergy Automotive System Ind* México, SA de CV, Internacional de Acero Termico, SA, *Lear Corporation*, Linmar de México SA de CV, Mahle Pistones de motor S de RL de CV, *Metaldyne Sintered Component* de México S de RL, etc. Su ubicación y distribución se muestra en el anexo 10.

Mientras que el parque industrial la Angostura, se ubica en el kilometro 4.5 de la carretera Saltillo-Zacatecas, cuenta con una superficie de 40 hectáreas, su ubicación y distribución se muestran en el anexo 11. Dentro de él se encuentran diversas firmas dentro de él: *Camfil Farr*, *Kauffman*, *Tal-Port*, *Turck*, entre otras (FESEC, 2010).

7.1.2 Antecedentes Hidrológicos de la Zona Metropolitana de Saltillo

La vida en regiones áridas, como es el caso de la ZMS, ubicada al noreste de México, se caracteriza por tener condiciones naturales desventajosas para el ser humano y por tanto para la actividad económica.

Las condiciones naturales de la ZMS son extremas, ya que por un corto periodo de tiempo se presentan lluvias y sequia prolongada por otro lado (CNA, 2009a).

En las zonas áridas del norte de México la disponibilidad de agua es cada vez menor, esto es explicado no solo por la baja disponibilidad natural del agua inherente a las zonas en comento, sino también porque la demanda de agua ha ido en crecimiento en las zonas urbanas, esto afecta particularmente a las regiones que de acuerdo a sus recursos y condiciones naturales disponen de poco agua, y a las ciudades o regiones que están densamente pobladas, como lo es la ZMS, que cada vez demandan más agua y al mismo tiempo experimentan una reducción en sus recursos hídricos.

La distancia entre la disponibilidad de agua y su demanda se reduce constantemente, esto debido al crecimiento de la población y de las actividades económicas en la ZMS, de continuar así, se calcula que la demanda de agua para el 2015 será mayor a la disponibilidad natural dentro del territorio de la ZMS (Chavéz, 2006).

Vistas las condiciones del recurso hídrico en México, la disparidad existente entre el norte y el sur del país en cuanto la disponibilidad de agua, el grado de presión que se ejerce sobre esta y lo referente al tratamiento y reciclado del agua residual en el país dentro del capítulo 2. A continuación, abordamos las condiciones hidrográficas naturales de la ZMS para el aprovisionamiento del agua y su aglomeración urbana.

La ZMS se localiza en el norte de México, en el estado de Coahuila, en donde prevalecen precipitaciones medias anuales de 350 milímetros de lluvia, con valores que van de los 150 a los 550 milímetros anuales (CNA, 2009a). Coahuila es el tercer estado del país con menor precipitación. Las mayores precipitaciones ocurren en la parte norte del estado.

La temporada de lluvias se presenta de junio a septiembre, cuando se precipita el 75 por ciento de la lluvia media anual. En cuanto a la temperatura, junio y julio son los meses más calurosos. Los meses de transición entre el

período húmedo y seco son mayo y octubre y la estación seca abarca el período de noviembre a abril (CNA, 2009a).

Por lo que a consecuencia de lo anterior, los periodos de escasez de agua son prolongados, mientras que los periodos de abundancia son muy cortos, a continuación se describen las condiciones naturales de la zona de estudio a mayor profundidad.

Por lo que hace a la administración de los recursos hídricos la cuenca Río Bravo está dividida en seis subregiones: Cuencas Cerradas del Norte, Conchos, Alto Bravo, Medio Bravo, San Juan y Bajo Bravo. La ZMS se localiza en la subregión de planeación San Juan (CNA, 2010a).

La ZMS cuenta con seis acuíferos: Cañón del Derramadero, General Cepeda-Sauceda, Paredón, Saltillo-Ramos Arizpe, Región Manzanera-Zapalinamé y Saltillo Sur, sin embargo no se cuenta con información de los acuíferos Paredón y Saltillo Sur.

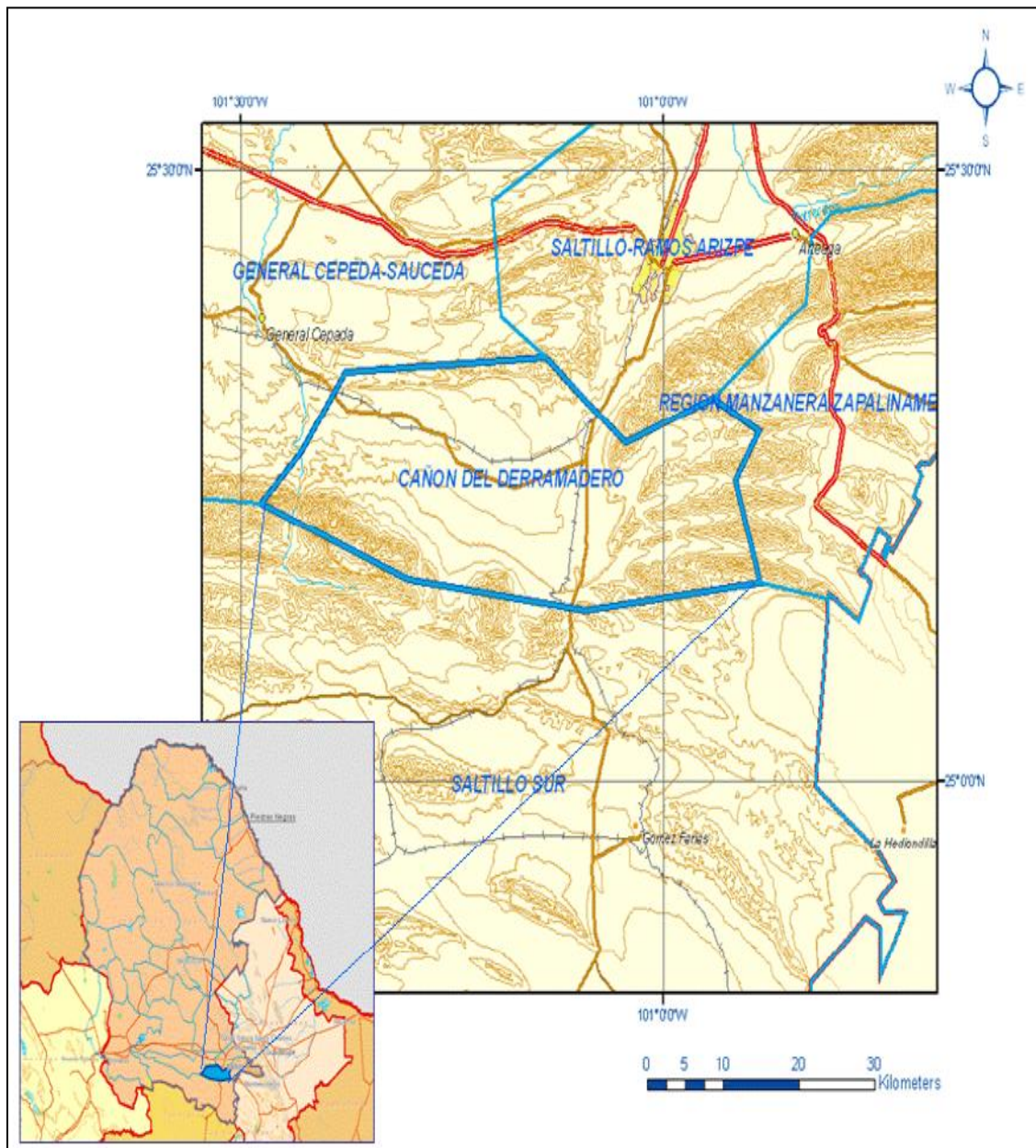
En atención a lo anterior, sólo se describen a continuación las condiciones y ubicaciones de los cuatro acuíferos restantes.

El acuífero Cañón del Derramadero se localiza en la porción sur del Estado de Coahuila entre las coordenadas 25°05'00" y 25°21'30" de latitud norte y entre los meridianos 100°53' y 101°26' de longitud oeste (Figura 12). Cubre una superficie de 2,079 km².

Los vértices y coordenadas que delimitan oficialmente al acuífero Cañón del Derramadero identificado con la clave 0502, se definen en la Tabla 32.

De acuerdo con la división política del estado de Coahuila, este se encuentra prácticamente en su totalidad en el municipio de Saltillo y solo una pequeña parte en el municipio General Cepeda (CNA, 2004a).

Figura 12 Localización del acuífero Cañón del Derramadero



Fuente: CONAGUA (2004a) Determinación de la disponibilidad del agua en el acuífero Cañón del Derramadero.

Aproximadamente el acuífero alimenta 80 localidades ubicadas dentro del municipio de Saltillo , las principales, por el número de habitantes son: Agua Nueva, San Juan de la Vaquería, El Derramadero, Santa Teresa de los Muchachos, Chapula, El Rancho Nuevo, Providencia y San José del Refugio (CNA, 2004a).

Tabla 32 Coordenadas de los vértices de la poligonal simplificada del acuífero 0502 Acuífero cañón del Derramadero

ACUÍFERO 0502 CAÑÓN DEL DERRAMADERO						
VÉRTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	101	8	20.2	25	20	47.9
2	101	2	41.7	25	16	37.1
3	100	56	29.9	25	18	51.8
4	100	53	12.6	25	17	13.8
5	100	54	57.4	25	14	45.9
6	100	53	10	25	9	48.5
7	101	5	33.6	25	8	27.5
8	101	18	6.5	25	9	53
9	101	28	36.8	25	13	41.6
10	101	25	42.2	25	16	10.7
11	101	22	33.7	25	20	4.2
1	101	8	20.2	25	20	47.9

Fuente: CONAGUA (2004) Determinación de la disponibilidad del agua en el acuífero Cañón del Derramadero, Comisión Nacional del Agua, Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas

El Acuífero Saltillo-Ramos Arizpe, se localiza en la parte sureste del Estado de Coahuila, cuenta con una superficie aproximada de 1,419 km².

El polígono que delimita al acuífero cuyo nombre oficial es acuífero 0510 Saltillo-Ramos Arizpe, cubre parcialmente a los municipios de Saltillo, Ramos Arizpe y Arteaga (CNA, 2002b).

El Valle Saltillo-Ramos Arizpe está limitado al sur por la Sierra Zapalinamé, al oriente por las Sierra de Arteaga, Sierra San Lucas y Sierra San José de los Nuncios, y al poniente por la Sierra El Asta y Sierra Palma Gorda.

Dentro del área que ocupa el acuífero se encuentran la Ciudad de Saltillo capital del estado y las poblaciones de Ramos Arizpe y Arteaga (CNA, 2002b).

El acuífero Saltillo-Ramos Arizpe se encuentra delimitado por la poligonal cuyos vértices se presentan en la tabla 33

Tabla 33 Coordenadas de los vértices de la poligonal simplificada del acuífero 0510 Acuífero Saltillo-Ramos Arizpe

ACUÍFERO 0510 SALTILLO-RAMOS ARIZPE							OBSERV.
VÉRTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	100	48	32.4	25	27	43.2	
2	100	55	40.8	25	21	57.6	
3	101	2	42	25	17	42	
4	101	3	39.6	25	16	15.6	
5	101	7	48	25	20	9.6	
6	101	11	31.2	25	22	48	
7	101	12	10.8	25	28	30	
8	101	3	21.6	25	33	7.2	
9	100	49	4.8	25	43	12	9 al 10 por el límite estatal
10	100	40	12	25	36	25.2	10 al 11 por el límite estatal
11	100	35	9.6	25	28	33.6	
1	100	48	32.4	25	27	43.2	

Fuente: CONAGUA (2002b) Determinación de la disponibilidad del agua en el acuífero Saltillo-Ramos Arizpe, Comisión Nacional del Agua, Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas

El Acuífero Región Manzanera-Zapalinamé, se localiza en la parte sureste del Estado de Coahuila al oriente de la Ciudad de Saltillo, cuenta con una superficie aproximada de 1,463 km².

El polígono que delimita al acuífero cubre casi en su totalidad al Municipio de Arteaga, Coahuila. Al noreste limita con el Acuífero Saltillo-Ramos Arizpe, al poniente con el Acuífero Cañón de Derramadero y al oriente con el Estado de Nuevo León (CNA, 2002c).

Las poblaciones más importantes dentro del área que ocupa el acuífero son: Arteaga, San Antonio de las Alazanas, Huachichil, Los Lirios, Jamé y El Tunal (CNA, 2002c).

El acuífero 0511 Región Manzanera-Zapalinamé se encuentra delimitado por la poligonal cuyos vértices se presentan en la tabla 34.

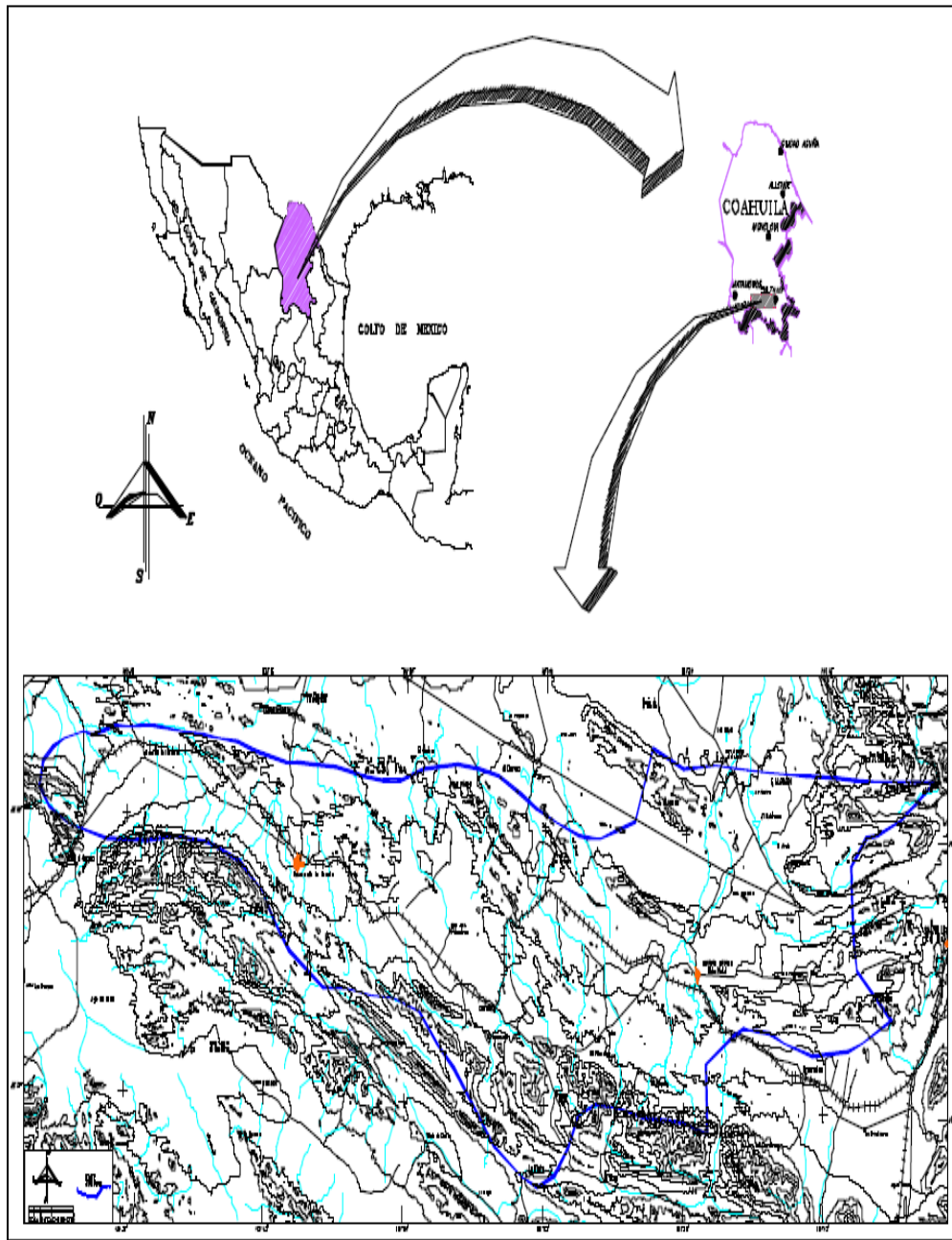
Tabla 34 Coordenadas de los vértices de la poligonal simplificada del acuífero 0511 Acuífero Región Manzanera-Zapalinamé

ACUÍFERO 0511 SALTILLO-RAMOS ARIZPE							OBSERV.
VÉRTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	100	52	19.2	25	17	16.8	
2	100	56	52.8	25	18	3.6	
3	101	3	0	25	16	1.2	
4	101	3	39.6	25	16	15.6	
5	101	2	42	25	17	42	
6	100	55	40.8	25	21	57.6	
7	100	48	32.4	25	27	43.2	
8	100	35	9.6	25	28	33.6	8 al 9 por el límite estatal
9	100	15	21.6	25	18	25.2	9 al 10 por el límite estatal
10	100	38	45.6	25	16	1.2	10 al 11 por el límite estatal
11	100	48	18	25	8	56.4	
12	100	53	9.6	25	9	46.8	
1	100	52	19.2	25	17	16.8	

Fuente: CONAGUA (2002c) Determinación de la disponibilidad del agua en el acuífero Región Manzanera-Zapalinamé, Comisión Nacional del Agua, Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas

El acuífero de General Cepeda-Sauceda se localiza en la parte sur del estado de Coahuila, cubriendo un área aproximada de 3,520 km² (Figura 13). Los vértices y coordenadas que delimitan oficialmente al acuífero General Cepeda-Sauceda identificado con la clave 0505, se definen en la Tabla 33 (CNA, 2002a).

Figura 13 Localización del acuífero General Cepeda Saucedo, Coah



Fuente: CONAGUA (2002a) Determinación de la disponibilidad del agua en el acuífero General Cepeda Saucedo, Coah, Comisión Nacional del Agua, Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas

El acuífero comprende los municipios de Parras de la Fuente, General Cepeda, Ramos Arizpe y Saltillo (CNA, 2002a).

Tabla 35 Coordenadas de los vértices de la poligonal simplificada del acuífero 0505 Acuífero General Cepeda Saucedá

VÉRTICE	ACUÍFERO 0505 GENERAL CEPEDA-SAUCEDA					
	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	101	7	48	25	20	9.6
2	101	12	25.2	25	18	28.8
3	101	17	9.6	25	18	10.8
4	101	22	55.2	25	19	33.6
5	101	27	39.6	25	17	31.2
6	101	27	25.2	25	13	40.8
7	101	39	25.2	25	15	3.6
8	101	45	32.4	25	10	26.4
9	101	50	6	25	12	32.4
10	101	58	22.8	25	19	48
11	102	9	3.6	25	21	3.6
12	102	21	57.6	25	28	40.8
13	102	36	32.4	25	29	9.6
14	102	39	25.2	25	31	8.4
15	102	34	48	25	34	12
16	102	23	9.6	25	34	30
17	102	3	36	25	32	16.8
18	101	53	52.8	25	33	18
19	101	40	51.6	25	29	38.4
20	101	35	27.6	25	30	32.4
21	101	33	36	25	34	33.6
22	101	26	52.8	25	33	43.2
23	101	3	21.6	25	33	7.2
24	101	12	10.8	25	28	30
25	101	11	31.2	25	22	48
1	101	7	48	25	20	9.6

Fuente: CONAGUA (2002a) Determinación de la disponibilidad del agua en el acuífero Cañón del Derramadero, Comisión Nacional del Agua, Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas.

7.1.2.1 Sobreexplotación de los Mantos Acuíferos

En la región Hidrológico-administrativa Río Bravo hay 96 mantos acuíferos, de los cuales 21 están sobreexplotados (CNA, 2009b), localizándose principalmente en la región. En la ZMS, al menos tres acuíferos se encuentran sobreexplotados. La explotación exagerada de los acuíferos Cañón del Derramadero y Saltillo-Ramos Arizpe ha traído como consecuencia el abatimiento del nivel de las aguas subterráneas. Según datos de la CNA sobre la disponibilidad de agua subterránea

de 2002 y 2004, estos acuíferos reportan valores negativos, calculando un déficit⁴¹ de -443,081 m³/a y -21'273,998 m³/a respectivamente, lo cual indica que no existe volumen disponible para nuevas concesiones para la extracción de agua dentro de dichos acuíferos (CNA, 2002c:27; CNA, 2004a:34).

El nivel de abatimiento de las aguas subterráneas es un indicador que nos muestra que se ha sobrepasado la capacidad de carga del ciclo hidrológico (Chávez, 2006:17).

Según el estudio geohidrológico de la región elaborado por CNA en 1996, hay una disminución concéntrica del acuífero Saltillo-Ramos Arizpe en el valle de Saltillo, desde la periferia hacia el centro del valle. Durante el periodo 1986 a 1996 se calcularon abatimientos de 20 a 30m en el borde exterior del acuífero, principalmente cerca de Arteaga y Ramos Arizpe, en la parte central se presume un abatimiento de hasta 10m durante el mismo periodo (CNA, 1996).

Los acuíferos Cañón de Derramadero, Saltillo-Ramos Arizpe y Región Manzanera-Zapalinamé, se encuentran sujetos a decretos de veda. Las zonas de veda son determinadas áreas de regiones hidrológicas, cuencas hidrológicas o mantos acuíferos protegidas por la ley, en las que no se permite extracciones de agua adicionales a las concesiones ya existentes, las cuales se establecen con la finalidad de proteger el agua o restaurar el ciclo hidrológico en casos de sobreexplotación de los acuíferos, de contaminación del agua y control de calidad de la misma o por escasez o sequía extraordinaria (LAN, 1992 Art. 38; SCJN, 2010).

⁴¹ El déficit de agua se calcula de acuerdo con la CONAGUA se calcula de la siguiente manera:

Disponibilidad de agua = recarga total media anual – descarga natural comprometida – Volumen anual de aguas subterráneas concesionado e inscrito en el Registro Público de Derechos del Agua (REPD).

El acuífero Cañón del Derramadero está cubierto casi en su totalidad por dos vedas, en 1952 y 1979.⁴² El acuífero Región Manzanera-Zapalinamé, en su porción poniente tiene veda desde 1979.⁴³ Por su parte el acuífero Saltillo-Ramos Arizpe hay cuatro zonas de veda, desde 1951, 1952 y 1979.⁴⁴

Estos decretos fueron expedidos para proteger el nivel del agua subterránea, debido al nivel de abatimiento que estos presentaban como consecuencia de la extracción desmedida de la misma, salvo el caso de la veda del acuífero Región Manzanera-Zapalinamé que tiene una veda de tipo rígida, las vedas impuestas al resto de los mantos son vedas flexibles por tiempo indefinido.⁴⁵

En otras palabras, de acuerdo al tipo de vedas existentes en la ZMS, se permite la extracción de agua cuando se trate de pozos de usos domésticos, que el uso de las concesiones existentes puede ser modificado, sin embargo por lo que hace al caudal o el volumen de extracción no se permite modificaciones.

⁴² Para mayor información ver decretos de veda respectivos, publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF): Saltillo, DOF 07/02/1952; Zona no vedada anterior Saltillo, DOF 25/04/1979.

⁴³ Para mayor información ver decreto de veda, publicado en el DOF 25/04/1979 Ampliación Saltillo.

⁴⁴ Mayor información en decretos de veda respectivos, publicados en el DOF: Manantiales de Guanajuato, DOF 10/03/1951; Ampliación ramos Arizpe, DOF 08/10/1951; Saltillo, DOF 07/02/1952; y Ampliación Saltillo, DOF 25/04/1979.

⁴⁵ El Reglamento de la Ley Reglamentaria del Párrafo V del artículo 27 Constitucional, establece tres tipos de veda en materia de agua subterránea:

I Veda rígida, en la que no es posible aumentar las extracciones de agua sin peligro de abatir peligrosamente o agotar los mantos acuíferos.

II Veda flexible, en la que la capacidad de los mantos acuíferos sólo permite la extracción para usos domésticos.

III Veda de control, en la que la capacidad de los mantos acuíferos tolera extracción limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros (DOF del 27/02/1958).

La LAN de 1992 no señala esta clasificación de vedas, sin embargo éstas continúan vigentes (CNA, 2004b)

7.1.2.2 Disponibilidad de Agua

La ZMS se abastece principalmente por aguas subterráneas, debido a que las corrientes superficiales son muy limitadas. La hidrogeología de la Sierra Madre Oriental *“esencialmente ésta consiste de diversas unidades de calizas y lutitas cretácicas sobre areniscas jurásicas...En la Era Cenozoica Media, estas calizas y areniscas se plegaron, formando una serie de pliegues anticlinales y sinclinales...Adicionalmente las calizas presentan fracturas desde la superficie hasta profundidades superiores a los 500m. Estas condiciones dan como resultado una alta porosidad secundaria en algunas formaciones que por lo tanto almacenan grandes volúmenes de agua subterránea”* (FIDAGUA, 1995; Chávez, 2006).

7.1.2.2.1 Agua subterránea

Como ya se mencionó anteriormente, la ZMS cuenta con seis acuíferos. A continuación mostramos las condiciones de los acuíferos Cañón de Derramadero, General Cepeda-Sauceda, Saltillo-Ramos Arizpe y Región Manzanera-Zapalinamé, de los cuales se tiene información oficial.

Por lo que hace a la disponibilidad de agua subterránea dentro de la ZMS, esta se ha agravado pues de acuerdo a las publicaciones sobre la disponibilidad de agua subterránea por la CNA en 2002 y 2004, dos de los acuíferos presentaban déficit en el nivel de agua, y para el año 2009 los cuatro acuíferos se encontraban en la misma situación de sobreexplotación (CNA, 2009d), sin embargo para los acuíferos Paredón y Saltillo Sur no existe información disponible.

Los datos publicados por la CNA relativos a la disponibilidad de agua subterránea de cada uno de los acuíferos estudiados se muestran en las tablas 36 y 37.

Tabla 36 Disponibilidad de aguas Subterránea y acuíferos que alimentan la Zona Metropolitana de Saltillo para los años 2002-2004

Acuífero	Nombre Acuífero	Disponibilidad de agua.(M³/a)	Abastecimiento
0502	Cañón de Derramadero	-443,081	Saltillo, Arteaga y General Cepeda
0505	General Cepeda-Sauceda	8,825,763	Saltillo, Ramos Arizpe, General Cepeda y Parras
0510	Saltillo-Ramos Arizpe	-21,273,998	Saltillo, Arteaga y Ramos Arizpe
0511	Región Manzanera-Zapalinamé	7,200,323	Saltillo y Arteaga

Fuente: Elaboración en base a datos de la CONAGUA (2002a; 2002b; 2002c; 2004a) Comisión Nacional del Agua, Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas.

Tabla 37 Disponibilidad de aguas Subterránea y acuíferos que alimentan la Zona Metropolitana de Saltillo, 2009

Acuífero	Nombre Acuífero	Disponibilidad de agua.(M³/a)	Abastecimiento
0502	Cañón de Derramadero	-1'205,888	Saltillo, Arteaga y General Cepeda
0505	General Cepeda-Sauceda	-18'916,114.50	Saltillo, Ramos Arizpe, General Cepeda y Parras
0510	Saltillo-Ramos Arizpe	-21'476,775.	Saltillo, Arteaga y Ramos Arizpe
0511	Región Manzanera-Zapalinamé	-7'472,595.	Saltillo y Arteaga

Fuente: Elaboración en base a datos de la CNA (2009d) Comisión Nacional del Agua. Acuerdo por el que se da a conocer la ubicación geográfica de 371 acuíferos del territorio nacional, se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de 282 acuíferos, y se modifica, para su mejor precisión, la descripción geográfica de 202 acuíferos

De las tablas anteriores se aprecia, que la situación acerca de la escasez de agua en la región, durante los últimos años se ha agudizado de manera extrema, pues como se desprende de estas, del año 2004 al 2009, las disponibilidad de agua en los acuíferos Cañón del Derramadero y Saltillo-Ramos Arizpe empeoro durante estos últimos años, ya que el déficit que presentaban se incremento.

De igual manera de la comparación de la información mostrada en las tablas anteriores, se observa que en el caso de los acuíferos General Cepeda-

Sauceda y Región Manzanera-Zapalinamé, que durante el año 2004 contaban con agua subterránea disponible, para el año 2009, estos también presentan déficit de 18.91 y 7.47 millones de metros cúbicos anuales.

Tanto los acuíferos Cañón de Derramadero, General Cepeda-Sauceda, Saltillo-Ramos Arizpe y Región Manzanera-Zapalinamé están sujetos a decretos de veda, más estos no abarcan la totalidad de los acuíferos, por lo que su cumplimiento y misión se pueden poner en duda.

Por lo que hace a las fronteras de cada acuífero, para fines de manejo fueron delimitadas por la CNA de manera análoga a la división natural de las aguas subterráneas, las cuales ya se señalaron con anterioridad.

Es pertinente señalarse que estos límites no necesariamente pueden coincidir con los límites administrativos de cada región hidrológica (CNA, 2002a).

De las tablas anteriores, y tomando en consideración que la ZMS, casi en su totalidad se encuentra en veda, de continuar las tendencias que esta ha presentado, para el año 2020, el problema de escasez de agua en la región será de consideración, y dado las características propias de la zona, la disponibilidad de agua será cada vez menor, esto podría representar un freno tanto al desarrollo económico, como problemas en la salud de los habitantes en la región.

7.1.2.2.2 Aguas superficiales

Coahuila no dispone de agua superficial suficiente a causa de un clima adverso caracterizado por escasas precipitaciones pluviales y elevada evaporación natural, por tanto la ZMS ubicada dentro de esta, tampoco dispone de aguas superficiales (CNA, 2009a).

Dentro de la región de estudio se distinguen cuatro cuencas hidrológicas: la cuenca Río Bravo-San Juan (RH 24B) en la región hidrológica "Bravo-Conchos" (RH 24); la cuenca Sierra Madre Oriental (RH37A); cuenca Matehuala (RH37B) y Cuenca Sierra de Rodríguez (RH37C) en la región "El Salado" (No. 37) (INEGI, 2010).

La Cuenca Río Bravo-San Juan (RH24B), tiene una extensión de 12,155.69 km², el río San Juan, corriente principal de esta cuenca, es el segundo en importancia por la margen derecha del río Bravo. Este río es uno de los más importantes de la región noreste del país. Los escurrimientos superficiales de la cuenca, calculados de acuerdo a la precipitación, permeabilidad de los terrenos y topografía, es del orden de 20 a 50 mm anuales. Tiene como subcuencas intermedias a las de los ríos Pesquería (RH24BC), Sabinas (RH24BD), San Miguel (RH24BE) y Monterrey (RH24BF) (INEGI, 2010).

La Región Hidrológica El Salado (No. 37) tiene muy poco peso dentro del estado en relación al nivel de los escurrimientos que presenta. Es, sin embargo, una de las vertientes interiores más importantes del país. Por lo que toca a la cuenca Sierra Madre Oriental (RH37A), tiene un área dentro del estado de 1,293.77 km². Los escurrimientos en la cuenca son del orden de 10 a 20 mm anuales. La cuenca Matehuala (RH37B) con un área dentro del estado de 311.69 km². Su aprovechamiento hacia el estado de Coahuila es nulo y los escurrimientos superficiales prácticamente inexistentes. La Cuenca Sierra de Rodríguez (RH37C) con una superficie dentro del estado de 3,372.10 km². Esta cuenca es la que mayor área ocupa dentro de la región, sin embargo, como en los casos anteriores, sus aguas son aprovechadas principalmente en otras entidades, en particular en San Luis Potosí. Los escurrimientos superficiales calculados para esta cuenca son apenas del orden de menos de 10 mm el año, igual que en la anterior (INEGI, 2010).

Una vez que se puso en contexto la situación del recurso hídrico en la ZMS, donde se puso de manifiesto las restricciones que se viven en la región respecto a la disponibilidad del agua, a partir de datos proporcionados por la CNA, realizaremos un estudio técnico a fin de obtener los consumos históricos de agua dentro de los procesos productivos de la industria Metal-Mecánica dentro de la ZMS.

Este estudio enseñará las condiciones tanto históricas como actuales de los consumos de agua referentes a los procesos productivos; con esto se tendrá un panorama exacto de la demanda de agua por parte de la industria Metal-Mecánica dentro de la zona de estudio, lo que permitirá saber la situación actual referente al agua bajo la cual opera la industria.

7.2 Estudio Técnico

A continuación se analizarán los componentes para realizar el estudio necesario para elaborar la evaluación del proyecto.

Para llevar a cabo lo anterior, se revisarán las condiciones actuales de la industria. Se enumerarán los consumos históricos y actuales de agua en relación a los procesos productivos, así mismo se enumeraran los volúmenes de agua tratados por la industria.

Al mismo tiempo se revisará la viabilidad, desde el punto de vista técnico, de hacer el cambio en la infraestructura existente en los diversos parques industriales, para la construcción de seis PTARs, estos cambios consistirán en la disponibilidad de terrenos, compra de PTARs, instalación y preparación de las seis PTARs, funcionamiento de las mismas dentro de los parques industriales.

7.2.1 Situación actual

En la ZMS durante el año 2008, de acuerdo a datos del INEGI⁴⁶, se encontraban en operación 712 unidades económicas dedicadas al sector Metal-Mecánico. Mismas que generaron 43,620 empleos

Estas en su mayoría se localizan en los ocho parques industriales distribuidos en la forma señalada con anterioridad. Las instalaciones localizadas dentro de los diversos parques industriales actualmente atienden la demanda de agua dentro del proceso productivo de la industria Metal-Mecánica.

7.2.2 Localización

Como ya se mencionó en el apartado anterior, la Metal-Mecánica cuenta con 712 firmas, distribuidas en los ocho parques industriales localizados en la región.

Por lo que hace a las distribución de las firmas y el empleo que están generan, dentro del municipio de Arteaga, se localizan ocho unidades económicas y 1,648 empleados; en Ramos Arizpe, se localizaron 82 empresas dedicadas a la industria estudiada, contaban con 21,366 empleados, y en Saltillo, se generaron 20,606 empleos por parte de 622 empresas.

En las figuras 14 y 15, se muestra la distribución de las diversas firmas que conforman la mayoría del sector Metal-Mecánico dentro de los municipios de Saltillo y Ramos Arizpe. Es de hacerse notar que no se muestra distribución de las empresas dedicadas a la Metal-Mecánica, ubicadas en el municipio de Arteaga, Coahuila., esto en virtud de que no se tuvo acceso a esa información, señalando esto, para las limitaciones que pudiera tener el estudio.

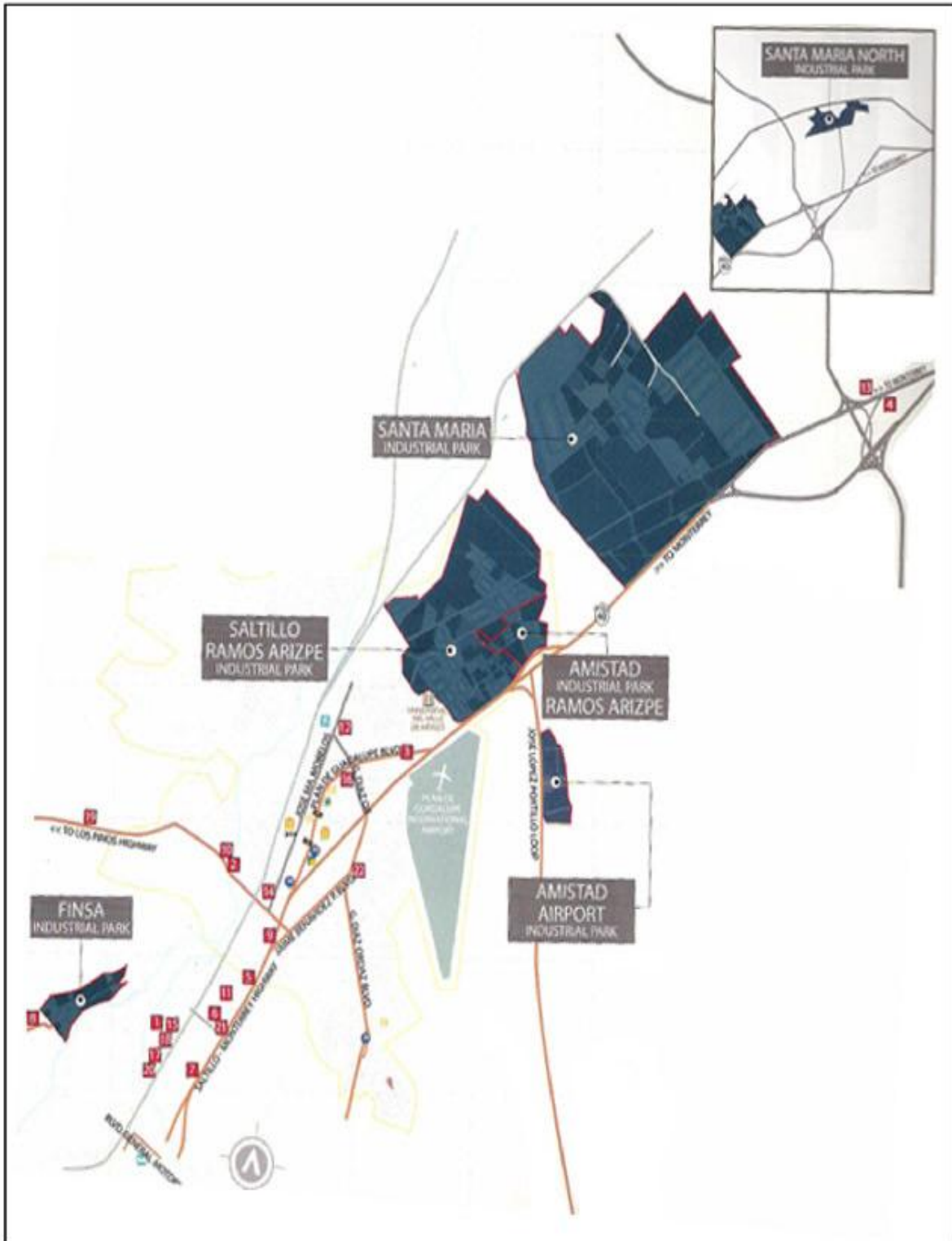
⁴⁶ Censo Económico 2009

Figura 14 Ubicación de los diversos parques industriales dentro del municipio de Saltillo, Coahuila



Fuente: FESEC (2010). Distribución de los parques industriales

Figura 15 Ubicación de los parques industriales localizados en el municipio de Ramos Arizpe



Fuente: FESEC (2010). Distribución de los parques industriales

7.2.3 Consumo de agua para los procesos productivos de la industria Metal-Mecánica en la Zona Metropolitana de Saltillo

La demanda histórica de agua durante los periodos 1998 a 2009, tanto doméstica como industrial dentro de la ZMS se muestra en la tabla 38; los datos de dicha tabla se obtuvieron mediante información proporcionada por parte de la CNA (2010b).

Tabla 38 Demanda histórica de agua dentro de la zona metropolitana de Saltillo

Demanda de Agua a nivel doméstico e industrial						
Periodo 1998-2009						
Año	Saltillo /a		Ramos Arizpe /a		Arteaga /a	
	Doméstico	Industrial	Doméstico	Industrial	Doméstico	Industrial
1998	1,300	175	80	178	N/D	N/D
1999	1,310	175	80	156	N/D	N/D
2000	1,317	175	82	146	N/D	N/D
2001	1,335	175	87	87	N/D	N/D
2002	1,368	180	92	92	N/D	N/D
2003	1,402	180	98	98	N/D	N/D
2004	1,437	183	104	104	N/D	N/D
2005	1,473	185	110	110	N/D	N/D
2006	1,510	188	117	117	N/D	N/D
2007	1,548	192	124	124	N/D	N/D
2008	1,587	192	132	132	N/D	N/D
2009	1,626	192	140	140	N/D	N/D

Litros por Segundo

/a Datos al 31 de diciembre de 2009

N/D No disponible

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por la CNA (2010b). Oficio BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila

Observando la tabla 38, se pueden ver los consumos históricos de agua por segundo, tanto a nivel doméstico como industrial durante los periodos 1998 a 2009, de los tres municipios que conforman la ZMS, de esta se desprende que para el municipio de Arteaga, la CNA no tiene información disponible, certificando la inexistencia de la misma, referente al nivel de consumo de agua, ni a nivel doméstico ni a nivel industria, por lo cual ante las limitaciones de la información, se supondrá que estos son cero, para simplificar el análisis y con las limitantes del estudio que esto acarrea.

A partir de la tabla 38, considerando que para el cálculo de las demandas de consumo de agua a nivel doméstico a industrial, tanto la CNA como Aguas de Saltillo, consideran que las bombas extractoras están en funcionamiento por un periodo de 20 horas por día, se pueden calcular los consumos diarios promedio de agua por parte de la industria en los municipios de Saltillo y Ramos Arizpe, durante el periodo 1998 a 2009. Las cuales se muestran en las tablas 39 y 40.

Tabla 39 Consumo diario promedio de agua industrial en Saltillo, 1998-2009

Demanda diaria promedio de Agua a nivel industrial en Saltillo periodo 1998-2009				
Unidad de medida: Litros				
Año	Demanda por segundo /a	Demanda por minuto	Demanda por hora	Demanda diaria /b
1998	175	10,500.00	630,000.00	12,600,000.00
1999	175	10,500.00	630,000.00	12,600,000.00
2000	175	10,500.00	630,000.00	12,600,000.00
2001	175	10,500.00	630,000.00	12,600,000.00
2002	180	10,800.00	648,000.00	12,960,000.00
2003	180	10,800.00	648,000.00	12,960,000.00
2004	183	10,980.00	658,800.00	13,176,000.00
2005	185	11,100.00	666,000.00	13,320,000.00
2006	188	11,280.00	676,800.00	13,536,000.00
2007	192	11,520.00	691,200.00	13,824,000.00
2008	192	11,520.00	691,200.00	13,824,000.00
2009	192	11,520.00	691,200.00	13,824,000.00

/a Datos al 31 de diciembre de cada año

/b El día fue considerado de 20 horas

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por la CNA (2010b). Oficio BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila

Como se puede observar en tabla 39 el consumo diario promedio del agua industrial en el municipio de Saltillo, se incremento del año de 1998 a 2002, pasando de un consumo diario de 10,500 litros a 10,800 litros diarios, también se puede observar que durante los últimos años la industria ha incrementado su demanda de agua para los procesos productivos, pues del año 2003 al 2007, se

incrementó en cuatro ocasiones la demanda de agua, pasando de 10,800 litros diarios a 11,520 litros, en otras palabras del año 2003 al 2007 la industria demandó un 6.67 por ciento más agua diaria. Es en este municipio en donde más se consume agua por parte de la industria, ya que su consumo diario representa alrededor del 58 por ciento del total de agua diaria consumida por parte de la industria.

Tabla 40 Consumo diario promedio de agua industrial en Ramos Arizpe, 1998-2009

Demanda diaria promedio de Agua a nivel industrial en Ramos Arizpe				
periodo 1998-2009				
Año	Demanda por segundo /a	Demanda por minuto	Demanda por hora	Demanda diaria /b
1998	178	10,680.00	640,800.00	12,816,000.00
1999	156	9,360.00	561,600.00	11,232,000.00
2000	146	8,760.00	525,600.00	10,512,000.00
2001	87	5,220.00	313,200.00	6,264,000.00
2002	92	5,520.00	331,200.00	6,624,000.00
2003	98	5,880.00	352,800.00	7,056,000.00
2004	104	6,240.00	374,400.00	7,488,000.00
2005	110	6,600.00	396,000.00	7,920,000.00
2006	117	7,020.00	421,200.00	8,424,000.00
2007	124	7,440.00	446,400.00	8,928,000.00
2008	132	7,920.00	475,200.00	9,504,000.00
2009	140	8,400.00	504,000.00	10,080,000.00

/a Datos al 31 de diciembre de 2009

/b El día fue considerado de 20 horas

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por la CNA (2010b). Oficio BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila

En la tabla 40, se pueden observar los consumos diarios promedio de agua de la industria en el Municipio de Ramos Arizpe durante el periodo 1998-2009. Como se puede observar el consumo diario total de agua dentro de la industria en este municipio, tuvo un decremento alrededor del 27 por ciento pasando de un consumo diario de 12'816,000 litros a 10'080,000 litros, también puede observarse

que el consumo dentro de este municipio representa poco más del 42 por ciento del total diario utilizado dentro de la industria.

Ahora bien, de la tablas 39 y 40, se pueden obtener los consumos mensuales promedio de agua para los procesos de producción de la industria para el periodo 2004-2009⁴⁷(nos enfocamos en estos años, porque el análisis del proyecto es a partir del año 2004), lo que nos lleva a obtener la tabla 41, la cual contiene el concentrado de los consumos mensuales de agua industrial por municipio en litros.

Como se puede observar en dicha tabla el consumo promedio mensual del municipio de Saltillo es superior a la demanda de Ramos Arizpe, sin embargo de los datos mostrados en dicha tabla, se puede observar que el consumo de agua por parte de la industria localizada dentro del municipio de Ramos Arizpe, del periodo 2004 a 2009 ha incrementado su demanda en un 34 por ciento, este incremento es superior al presentado dentro del municipio de Saltillo, donde la demanda de agua se incrementó poco más del 5 por ciento, sin embargo todavía la mayor parte del agua consumida dentro de la industria, está dada por la demanda del municipio de Saltillo.

También puede observarse que el mes en el cual se demanda menor cantidad del recurso hídrico es durante febrero, por el contrario los meses de marzo, mayo, julio, agosto, octubre y diciembre, son los mese con mayor demanda de agua por parte de la industria, esta representa el 59 por ciento del total del agua consumida mensualmente por parte de la industria.

⁴⁷ Para ver los consumos mensuales de 1998 a 2009, ver Anexo 11

Tabla 41 Consumos mensuales promedio de agua industrial en la ZMS, 2004-2009

Unidad de medida Metros cúbicos												
Mes	2004		2005		2006		2007		2008		2009	
	Saltillo	Ramos Arizpe	Saltillo	Ramos Arizpe	Saltillo	Ramos Arizpe	Saltillo	Ramos Arizpe	Saltillo	Ramos Arizpe	Saltillo	Ramos Arizpe
Enero	408,456	232,128	412,920	245,520	419,616	261,144	428,544	276,768	428,544	294,624	428,544	312,480
Febrero	368,928	209,664	372,960	221,760	379,008	235,872	387,072	249,984	387,072	266,112	387,072	282,240
Marzo	408,456	232,128	412,920	245,520	419,616	261,144	428,544	276,768	428,544	294,624	428,544	312,480
Abril	395,280	224,640	399,600	237,600	406,080	252,720	414,720	267,840	414,720	285,120	414,720	302,400
Mayo	408,456	232,128	412,920	245,520	419,616	261,144	428,544	276,768	428,544	294,624	428,544	312,480
Junio	395,280	224,640	399,600	237,600	406,080	252,720	414,720	267,840	414,720	285,120	414,720	302,400
Julio	408,456	232,128	412,920	245,520	419,616	261,144	428,544	276,768	428,544	294,624	428,544	312,480
Agosto	408,456	232,128	412,920	245,520	419,616	261,144	428,544	276,768	428,544	294,624	428,544	312,480
Septiembre	395,280	224,640	399,600	237,600	406,080	252,720	414,720	267,840	414,720	285,120	414,720	302,400
Octubre	408,456	232,128	412,920	245,520	419,616	261,144	428,544	276,768	428,544	294,624	428,544	312,480
Noviembre	395,280	224,640	399,600	237,600	406,080	252,720	414,720	267,840	414,720	285,120	414,720	302,400
Diciembre	408,456	232,128	412,920	245,520	419,616	261,144	428,544	276,768	428,544	294,624	428,544	312,480
Total Anual	4,809,240	2,733,120	4,861,800	2,890,800	4,940,640	3,074,760	5,045,760	3,258,720	5,045,760	3,468,960	5,045,760	3,679,200

Nota: para el cálculo mensual se consideró febrero como de 28 días, abril, junio, septiembre y noviembre con 30 días el resto con 31 días, así mismo el día es considerado como de 20 horas

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por la CNA (2010b). Oficio BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila

A partir de la tabla 41, se pueden obtener los consumos anuales promedio de agua de la industria. En la tabla 42, se muestran los consumos anuales promedio de la industria en la ZMS, esta tabla muestra los consumos por municipio, tanto en litros como en metros cúbicos.

A partir de esta se puede observar que el consumo promedio anual total de la industria en la ZMS en el año 2009 es de 8'724,960 m³, lo que nos lleva a un consumo por unidad económica, para el año 2009 correspondiente al uso de agua industrial en la ZMS, de alrededor de 12,254 m³ anuales.

Tabla 42 Consumos anuales promedio de agua industrial en la ZMS, 2004-2009

Año	Saltillo		Ramos Arizpe		Arteaga	
	Lts. Consumidos	m ³ Consumidos	Lts. Consumidos	m ³ Consumidos	Lts. Consumidos	m ³ Consumidos
2004	4,809,240,000	4,809,240	2,733,120,000	2,733,120	N/D	N/D
2005	4,861,800,000	4,861,800	2,890,800,000	2,890,800	N/D	N/D
2006	4,940,640,000	4,940,640	3,074,760,000	3,074,760	N/D	N/D
2007	5,045,760,000	5,045,760	3,258,720,000	3,258,720	N/D	N/D
2008	5,045,760,000	5,045,760	3,468,960,000	3,468,960	N/D	N/D
2009	5,045,760,000	5,045,760	3,679,200,000	3,679,200	N/D	N/D

Nota: para el cálculo mensual se consideró febrero como de 28 días, abril, junio, septiembre y noviembre con 30 días el resto con 31 días, así mismo el día se considera de 20 horas

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por la CNA (2010b). Oficio BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila

7.2.4 Tratamiento y Reciclado de agua por la industria Metal-Mecánica en la Zona Metropolitana de Saltillo

Dadas las condiciones hidrológicas de la ZMS, es muy importante que la industria trate y recicle sus aguas residuales, ya sea para disminuir su consumo (disminuir

sus costos) o bien para evitar las descargas de contaminantes al ambiente, ya sea al drenaje o a un cuerpo de agua.

Muy frecuentemente, esto es técnica y económicamente factible y hasta puede ahorrar dinero a la empresa. De hecho, esa es la principal razón por la que algunas empresas ya reciclan su agua de proceso; como lo es en la zona de estudio, en la cual según datos de la CNA, en la ZMS se trata y recicla el 100 por ciento del agua industrial.

En ese sentido, al agua que es tratada y reciclada por parte de la industria en la ZMS cumple con los estándares de “cero descarga” o “descarga cero”. Esto quiere decir, que el agua tratada es a un nivel del 97 por ciento, en otras palabras 97 litros de cada 100 que son tratados, se encuentran libres de contaminantes y esta agua es reutilizada por la industria, en diversas partes del proceso productivo.

Con este nivel de tratamiento no sólo se evitan descargas contaminantes a los cuerpos de agua, sino el retorno de contaminantes a los sistemas de tratamiento municipales, que no están preparados para recibirlos, en la ZMS el tratamiento y reciclado del agua por parte de la industria, sirve para ahorrar agua y de manera implícita para la recuperación de los mantos acuíferos que alimentan la región.

El volumen histórico de tratamiento de agua tanto por parte de los municipio como por parte de la industria durante los periodos 2004 a 2009, se pueden ver en el anexo 12, en la tabla 43 se muestran los datos del tratamiento de agua a nivel industria, durante el periodo 2004-2009, los datos de dicha tabla se obtuvieron mediante información proporcionada por parte de la CNA⁴⁸.

⁴⁸ Mediante oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila, y CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua

Es de resaltarse, que a partir de la tabla 43 que muestra los volúmenes históricos de tratamiento de agua por segundo por parte de la industria durante los periodos 2004 a 2009 en los municipios que conforman la ZMS, se observa que para el municipio de Arteaga, la CNA no tiene información disponible, referente al volumen de agua tratada, por lo cual ante las limitaciones de la información, se supondrá que estos son cero, para simplificar el análisis, teniendo en cuenta las limitaciones que esto ocasiona al estudio.

A partir de la tabla 43, y considerando que las PTARs solo están en funcionamiento por un periodo de 20 horas diarias, se pueden calcular los volúmenes diarios promedio de agua tratada por parte de la industria en los municipios de Saltillo y Ramos Arizpe, durante el periodo 2004 a 2009. Las cuales se muestran en las tablas 44 y 45.

Tabla 43 Histórico de tratamiento de agua por parte de la industria en la ZMS, 2004-2009

PLANTAS DE TRATAMIENTO EN USO, CAPACIDAD INSTALADA Y VOLUMEN ANUAL TRATADO DE AGUAS RESIDUALES, POR MUNICIPIO (2004-2009)					
Año	Municipio	Capacidad instalada (Litros por segundo)		Volumen Anual Tratado (Metros cúbicos)	
		Secundario		Secundario	
		Total	b/	Total	b/
2004	RAMOS ARIZPE	149.4d/	149.4d/	3,926,232	3,926,232
	SALTILLO	29.86d/	29.86d/	784,616	784,616
	ARTEAGA	f/	f/	f/	f/
2005	RAMOS ARIZPE	149.4d/	149.4d/	3,926,232	3,926,232
	SALTILLO	29.86d/	29.86d/	784,616	784,616
	ARTEAGA	f/	f/	f/	f/
2006	RAMOS ARIZPE	119.98d/	119.98d/	3,153,000	3,153,000
	SALTILLO	29.86d/	29.86d/	784,616	784,616
	ARTEAGA	f/	f/	f/	f/
2007	RAMOS ARIZPE	119.98d/	119.98d/	3,153,000	3,153,000
	SALTILLO	155.86d/	155.86d/	4,095,896	4,095,896
	ARTEAGA	f/	f/	f/	f/
2008	RAMOS ARIZPE	119.98d/	119.98d/	3,153,000	3,153,000
	SALTILLO	155.86d/	155.86d/	4,095,896	4,095,896
	ARTEAGA	f/	f/	f/	f/
2009	RAMOS ARIZPE	163.38e/	163.38e/	3,926,000	3,926,000
	SALTILLO	236.38e/	236.38e/	4,095,896	4,095,896
	ARTEAGA	f/	f/	f/	f/

a/ Primario:<Ajuste de pH y remoción de materiales orgánicos y/o inorgánicos en suspensión con tamaño igual o mayor a 0.1 mm>

b/ Secundario:< Remoción de materiales orgánicos coloidales y disueltos>

c/ Terciario:< Remoción de materiales disueltos que incluyen gases, sustancias orgánicas naturales y sintéticas>

d/ Proporcionado por CNA

e/ Calculo en función del nivel de agua tratada

f/ Sin disponibilidad de información

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Comisión Nacional del Agua. Dirección Local Coahuila

Tabla 44 Volumen diario promedio de agua tratada por la industria en Saltillo, 2004-2009

Unidad de medida: Litros				
Año	Tratado por segundo /a	Tratado por minuto	Tratado por hora	Tratado diario
2004	29.86	1,791.60	107,496.00	2,149,920.00
2005	29.86	1,791.60	107,496.00	2,149,920.00
2006	29.86	1,791.60	107,496.00	2,149,920.00
2007	155.86	9,351.60	561,096.00	11,221,920.00
2008	155.86	9,351.60	561,096.00	11,221,920.00
2009	236.38	14,182.80	850,968.00	17,019,360.00

/a Datos al 31 de diciembre de cada año.

/b El día fue considerado de 20 horas

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua

Tabla 45 Volumen diario promedio de agua industrial tratada en Ramos Arizpe, 2004-2009

Unidad de medida: Litros				
Año	Tratado por segundo /a	Tratado por minuto	Tratado por hora	Tratado diario
2004	149.4	8,964.00	537,840.00	10,756,800.00
2005	149.4	8,964.00	537,840.00	10,756,800.00
2006	119.98	7,198.80	431,928.00	8,638,560.00
2007	119.98	7,198.80	431,928.00	8,638,560.00
2008	119.98	7,198.80	431,928.00	8,638,560.00
2009	163.38	9,802.80	588,168.00	11,763,360.00

/a Datos al 31 de diciembre de cada año.

/b El día fue considerado de 20 horas

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua

Como se puede observar en tabla 44 el volumen diario promedio de agua residual tratada dentro del municipio de Saltillo por parte de la industria se incremento en un 700 por ciento, durante el periodo 2004-2009.

Saltillo es el municipio que tiene los volúmenes más altos en cuanto a tratamiento de agua se refiere, representa alrededor del 60 por ciento del total de agua diaria tratada por parte de la industria.

En la tabla 45, se pueden observar los volúmenes diarios promedio de agua tratada dentro de la industria en el Municipio de Ramos Arizpe durante el periodo 2004-2009. Como se puede observar el nivel de tratamiento de agua del año 2005 al 2006, tuvo una reducción del 20 por ciento, también es de resaltarse, que para el año 2008 al 2009 en volumen de agua tratada se incremento en un 36 por ciento.

El agua tratada dentro de este municipio representa al 40 por ciento del volumen total tratado por la industria dentro de la región.

Ahora bien, de la tablas 44 y 45, se pueden obtener los volúmenes mensuales promedio de agua tratada por parte de la industria para el periodo 2004-2009, lo que nos lleva a obtener la tabla 46, la cual contiene el concentrado de los volúmenes en metros cúbicos de agua residual tratada en la ZMS por parte de la iniciativa privada (industria).

Analizando la tabla 42, que muestra los volúmenes anuales de agua tratada dentro de la industria en la ZMS, se puede observar que en el año 2009 que el volumen de agua tratada por parte de la industria fue de 8'021,896 m³, dándonos un tratamiento de agua por unidad económica⁴⁹, para el año 2009 de alrededor de 11,266.77 m³ anuales.

⁴⁹ Tomando en consideración a las 712 unidades económicas reportadas por INEGI en el Censo Económico 2009

Tabla 46 Volúmenes mensuales promedio a agua tratada por parte de la industria en la ZMS, 2004-2009

Unidad de medida Metros cúbicos												
Mes	2004		2005		2006		2007		2008		2009	
	Saltillo	Ramos Arizpe	Saltillo	Ramos Arizpe	Saltillo	Ramos Arizpe	Saltillo	Ramos Arizpe	Saltillo	Ramos Arizpe	Saltillo	Ramos Arizpe
Enero	66,639	333,461	66,639	333,461	66,639	267,795	347,880	267,795	347,880	267,795	347,880	364,664
Febrero	60,190	301,190	60,190	301,190	60,190	241,880	314,214	241,880	314,214	241,880	314,214	329,374
Marzo	66,639	333,461	66,639	333,461	66,639	267,795	347,880	267,795	347,880	267,795	347,880	364,664
Abril	64,489	322,704	64,489	322,704	64,489	259,157	336,658	259,157	336,658	259,157	336,658	352,901
Mayo	66,639	333,461	66,639	333,461	66,639	267,795	347,880	267,795	347,880	267,795	347,880	364,664
Junio	64,489	322,704	64,489	322,704	64,489	259,157	336,658	259,157	336,658	259,157	336,658	352,901
Julio	66,639	333,461	66,639	333,461	66,639	267,795	347,880	267,795	347,880	267,795	347,880	364,664
Agosto	66,639	333,461	66,639	333,461	66,639	267,795	347,880	267,795	347,880	267,795	347,880	364,664
Septiembre	64,489	322,704	64,489	322,704	64,489	259,157	336,658	259,157	336,658	259,157	336,658	352,901
Octubre	66,639	333,461	66,639	333,461	66,639	267,795	347,880	267,795	347,880	267,795	347,880	364,664
Noviembre	64,489	322,704	64,489	322,704	64,489	259,157	336,658	259,157	336,658	259,157	336,658	352,901
Diciembre	66,639	333,461	66,639	333,461	66,639	267,795	347,880	267,795	347,880	267,795	347,880	364,664
Total Anual	784,616	3,926,232	784,616	3,926,232	784,616	3,153,074	4,096,001	3,153,074	4,096,001	3,153,074	4,096,001	4,293,626

Nota: para el cálculo mensual se considero febrero como de 28 días, abril, junio, septiembre y noviembre con 30 días el resto con 31 días, así mismo el día es considerado como de 20 horas

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua.

7.2.5 Demanda real de agua por parte de la Metal-Mecánica en la Zona Metropolitana de Saltillo

Como ya se menciona con anterioridad, en la ZMS las industrias desde el año 2004 han implementado el programa de tratamiento y reciclado del agua utilizada dentro de sus procesos productivos.

Por lo anterior, se debe tener en cuenta que la demanda real de la industria, en caso de que no existiera el tratamiento de agua sería, aquel que resulte de la suma del consumo de agua, ya sea diario, mensual o anual, con el volumen de agua tratada, pues se debe considerar que en caso de no tratar el agua, la demanda sería casi el doble, recordando que se tiene descarga cero.

En las tablas 47, 48, 49 y 50 se muestran las demandas reales de agua por parte de la industria, diarias, mensuales y anuales, respectivamente.

Tabla 47 Demanda real diaria promedio de agua industrial en Saltillo, 2004-2009

Año	Unidad de medida: Litros			
	Demanda por segundo /a	Demanda por minuto	Demanda por hora	Demanda diaria
2004	212.86	12,771.60	766,296.00	15,325,920.00
2005	214.86	12,891.60	773,496.00	15,469,920.00
2006	217.86	13,071.60	784,296.00	15,685,920.00
2007	347.86	20,871.60	1,252,296.00	25,045,920.00
2008	347.86	20,871.60	1,252,296.00	25,045,920.00
2009	428.38	25,702.80	1,542,168.00	30,843,360.00

/a Datos al 31 de diciembre de cada año

/b El día fue considerado de 20 horas

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua.

Tabla 48 Demanda real diaria promedio de agua industrial en Ramos Arizpe, 2004-2009

Unidad de medida: litros				
Año	Demanda por segundo /a	Demanda por minuto	Demanda por hora	Demanda diaria
2004	253.40	15,204.00	912,240.00	18,244,800.00
2005	259.40	15,564.00	933,840.00	18,676,800.00
2006	236.98	14,218.80	853,128.00	17,062,560.00
2007	243.98	14,638.80	878,328.00	17,566,560.00
2008	251.98	15,118.80	907,128.00	18,142,560.00
2009	303.38	18,202.80	1,092,168.00	21,843,360.00

/a Datos al 31 de diciembre de cada año.

/b El día fue considerado de 20 horas

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua

Tabla 49 Consumos reales anuales promedio de agua industrial en la ZMS, 2004-2009

Año	Saltillo		Ramos Arizpe		Arteaga	
	Lts. Consumidos	m ³ Consumidos	Lts. Consumidos	m ³ Consumidos	Lts. Consumidos	m ³ Consumidos
2004	5,593,856,000	5,593,856	6,659,352,000	6,659,352	N/D	N/D
2005	5,646,416,000	5,646,416	6,817,032,000	6,817,032	N/D	N/D
2006	5,725,256,000	5,725,256	6,227,760,000	6,227,760	N/D	N/D
2007	9,141,656,000	9,141,656	6,411,720,000	6,411,720	N/D	N/D
2008	9,141,656,000	9,141,656	6,621,960,000	6,621,960	N/D	N/D
2009	9,141,656,000	9,141,656	7,605,200,000	7,605,200	N/D	N/D

Nota: para el cálculo mensual se considero febrero como de 28 días, abril, junio, septiembre y noviembre con 30 días el resto con 31 días, así mismo el día se considera de 20 horas

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua.

Tabla 50 Consumos reales mensuales promedio de agua industrial en la ZMS, 2004, 2009

Unidad de medida Metros cúbicos												
Mes	2004		2005		2006		2007		2008		2009	
	Saltillo	Ramos Arizpe	Saltillo	Ramos Arizpe	Saltillo	Ramos Arizpe	Saltillo	Ramos Arizpe	Saltillo	Ramos Arizpe	Saltillo	Ramos Arizpe
Enero	475,095	565,589	479,559	578,981	486,255	528,939	776,424	544,563	776,424	562,419	776,424	677,144
Febrero	429,118	510,854	433,150	522,950	439,198	477,752	701,286	491,864	701,286	507,992	701,286	611,614
Marzo	475,095	565,589	479,559	578,981	486,255	528,939	776,424	544,563	776,424	562,419	776,424	677,144
Abril	459,769	547,344	464,089	560,304	470,569	511,877	751,378	526,997	751,378	544,277	751,378	655,301
Mayo	475,095	565,589	479,559	578,981	486,255	528,939	776,424	544,563	776,424	562,419	776,424	677,144
Junio	459,769	547,344	464,089	560,304	470,569	511,877	751,378	526,997	751,378	544,277	751,378	655,301
Julio	475,095	565,589	479,559	578,981	486,255	528,939	776,424	544,563	776,424	562,419	776,424	677,144
Agosto	475,095	565,589	479,559	578,981	486,255	528,939	776,424	544,563	776,424	562,419	776,424	677,144
Septiembre	459,769	547,344	464,089	560,304	470,569	511,877	751,378	526,997	751,378	544,277	751,378	655,301
Octubre	475,095	565,589	479,559	578,981	486,255	528,939	776,424	544,563	776,424	562,419	776,424	677,144
Noviembre	459,769	547,344	464,089	560,304	470,569	511,877	751,378	526,997	751,378	544,277	751,378	655,301
Diciembre	475,095	565,589	479,559	578,981	486,255	528,939	776,424	544,563	776,424	562,419	776,424	677,144
Total Anual	5,593,856	6,659,352	5,646,416	6,817,032	5,725,256	6,227,834	9,141,761	6,411,794	9,141,761	6,622,034	9,141,761	7,972,826

Nota: para el cálculo mensual se considero febrero como de 28 días, abril, junio, septiembre y noviembre con 30 días el resto con 31 días, así mismo el día se considera de 20 horas

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua.

7.2.6 Adecuaciones en la infraestructura

Debido a que el ahorro del agua es una de las grandes preocupaciones en la actualidad, se plantea la construcción de seis PTAR, dentro de los parques industriales Finsa, Santa Mónica, Santa María y Amistad Ramos Arizpe, con una superficie de 3,413.5 metros cuadrados cada una.

Se optó por distribuir las PTARs dentro de los municipios de Saltillo y Ramos Arizpe, en virtud de que dentro de estos se ubica el 98.87 por ciento del total de las unidades económicas dedicadas a la Metal-Mecánica, además de que para el municipio de Arteaga, Coahuila., no se cuenta con información del volumen del agua demandada y tratada por parte de la industria y toda vez que en la ZMS se encuentra en su mayoría en zona de veda (no se puede extraer más agua de la ya ccesionada), se considero que su demanda de agua es cero, por lo tanto no se considera necesario implantar una PTARs dentro del municipio.

7.2.7 Equipamiento

Como ya se mencionó anteriormente, la cantidad total de PTAR que se supone que se instalaran son seis. Dos de ellas en el parque industrial Finsa, una en el Santa María, dos más en Santa Mónica y otro en el parque industrial Amistad, por lo cual el equipamiento necesario será de seis unidades de tratamiento de agua.

7.2.8 Consumos de agua estimados con la implementación del Tratamiento y Reciclado de agua

Como ya se mencionó anteriormente, los datos de los consumos de agua que se observan en las tablas 47,48, 49 y 50 se muestran las demandas reales de agua por parte de la industria, diarias, mensuales y anuales, mismas que se obtuvieron

mediante la sumatoria del consumo de agua por parte de la industria y el nivel de agua tratada por la misma, por lo cual el total del consumo de agua obtenido consistió en considerar tanto el volumen de agua tratada como el nivel de consumo de agua dentro de la industria, reportado a la CNA.

El tratamiento y reciclado de agua que este proyecto propone permite que la industria reduzca casi al 50 por ciento su demanda de agua; por lo tanto, el consumo máximo de agua que se presente dentro de la industria al implementar el tratamiento de agua, es el de consumo de agua señalado en el apartado 7.2.3 de este capítulo, éste es el valor que se contemplará para realizar el estudio de los consumos estimados con la implementación de tratamiento de agua.

En las tablas 39, 40, 41 y 42, se observan los consumos de agua diarios, mensuales y anuales promedio estimados, tomando en consideración que las industrias tratan el agua, por lo cual su demanda de agua es mínima.

En esta tabla 42 se puede observar que el consumo promedio anual total de la industria en la ZMS en el año 2009 es de 8'724,960 m³, lo que nos lleva a un consumo por unidad económica⁵⁰, para el año 2009 correspondiente al uso de agua industrial en la ZMS, de alrededor de 12,254 m³ anuales.

Para el caso de la evaluación económica sin la implementación del proyecto, se tomarán los datos correspondientes a la demanda real de agua por parte de la industria, descrita en este apartado.

De la tabla 49, que muestra los consumos de agua reales anuales por parte de la industria en la ZMS, se puede observar que en el año 2009 que el volumen de agua consumida por parte de la industria fue de 16'746,856 m³, dándonos un

⁵⁰ Tomando en consideración a las 712 unidades económicas reportadas por INEGI en el Censo Económico 2009

consumo de agua por firma⁵¹, para el año 2009 de alrededor de 23,520.87 m³ anuales.

7.3 Análisis Económico

De acuerdo con el IMTA (2002) el tratamiento y reciclado del agua residual tiene diversos impactos, a continuación se detallan las principales características por cada grupo de los impactos analizados:

- **Infraestructura hidráulica.-** Dentro de esta, observamos los efectos relacionados con la implantación y explotación de la infraestructura necesaria para el tratamiento y reciclado del agua residual industrial. Dentro de este encontramos las inversiones que son necesarias realizar para la implantación de las PTARs, así como todos los costos de explotación y mantenimiento para el funcionamiento de las mismas.
- **Uso del recurso.-** Como consecuencia del tratamiento y reúso del agua, puede existir un aumento en la disponibilidad de agua. Esto podría garantizar el suministro dentro de la ZMS al 100%. Este podría determinarse mediante el método de valoración contingente, sin embargo, por las restricciones de la investigación, este impacto no se valora.
- **Confinamiento y reutilización de contaminantes.-** Dentro de este grupo se considera el posible impacto por el confinamiento de los residuos sólidos que son altamente contaminantes y comercialización de los fangos estabilizados. Sin embargo por restricciones de la investigación no fueron monetarizados. No se considera la producción de compost o venta para elaboración de fertilizantes, para su posterior comercialización, ni el pago por el confinamiento de los residuos peligrosos, para esta evaluación no se cuantificarán y valorarán ambas cosas.

⁵¹ Idem

- **La salud pública.**- Esta categoría abarca las posibles afectaciones que los contaminantes físico-químicos y biológicos derivados tanto de las aguas residuales como de su tratamiento, puedan causar a la salud pública de los habitantes de la región, sin embargo determinar la correlación directa entre aguas residuales y enfermedad es complicado y lo es más determinar los costos sanitarios relacionados con la falta de saneamiento, por tal motivo este impacto no es valorado dentro de esta evaluación.
- **Medio ambiente.**- Dentro de este grupo se han considerado los siguientes dos impactos:
 - 1) El aumento en el nivel freático de los acuíferos por la disminución de las extracciones. Los acuíferos de esta zona de estudio se encuentran sobreexplotados, para determinar el impacto que tendrá la sustitución de aguas subterráneas por aguas regeneradas en estos acuíferos, es necesario establecer un modelo hidrogeológico, sin embargo debido a la falta de información este impacto no se ha cuantificado, ni valorado económicamente.
 - 2) La disminución en la contaminación de las masas de agua. Se propone que la valoración económica de esta mejora en la calidad del agua sea mediante el método de los costos evitados, tomando de referencia lo establecido en la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua (CNA, 2004).
- **Educación.**- Comprende los efectos de la sensibilización de la población de la ZMS hacia una cultura por la regeneración y reutilización de aguas residuales. La implantación de este tipo de proyectos, pueden estimular el uso del agua regenerada como una fuente alternativa de suministro, sin embargo debido a la complejidad para evaluar este tipo de impactos éste no será incluido dentro de la evaluación.

Visto lo anterior, se procede a realizar un estudio en el cual se definirán cada uno de los costos y beneficios que están involucrados en el tratamiento y reciclado del agua y la falta del mismo también, como lo son los costos por concepto de consumo de agua y descarga de aguas residuales, pago por sobreasar el límite permitido en la aguas residuales a descargar, liquidaciones a trabajadores, los costos de instalación y operación de las PTARs y los ahorros en consumo de agua.

7.3.1 Costos de operación sin implementación del proyecto

Los costos en los que incurrirá la industria si se opera bajo el supuesto de no tratar el agua, corresponden a los costos que se generan respecto al abastecimiento real del agua para los proceso productivos; estos costos lo integran por un lado las liquidaciones de trabajadores por la salida del mercado de las firmas, al no existir disponibilidad de nuevas concesiones de agua y por otro la combinación del costo de extracción agua con la cuota del costo por metro cúbico del agua; y el costo que se genera debido al desalojo de las aguas residuales; estos costos incluyen las cuotas por incumplimiento de los máximos permisibles, para las aguas residuales, pues el agua utilizada dentro de la industria es muy acida en cuanto a pH, y generalmente cuenta con materiales pesados disueltos.

7.3.1.1 Costos de operación por concepto de agua

Las cuotas del costo por metro cúbico del agua, tanto por su extracción como por las descargas residuales, se encuentran establecidas en la Ley Federal de Derechos (LFD), publicada en el DOF el 31 de diciembre de 1981, sin embargo las tarifas aplicadas son las vigentes durante el año 2004, esto en virtud de la temporalidad del estudio.

En la tabla 51, se muestra el tabulador oficial que manejó la federación, respecto de la extracción de agua, para el año 2004 (LFD, 2004: Art. 233, apartado A).

Tabla 51 Tabulador oficial para el pago de derechos por extracción de agua, 2004

Categoría:	Cuota sin ajuste	Cuota con ajuste
Zona de disponibilidad 1		\$14.67
Zona de disponibilidad 2		\$11.74
Zona de disponibilidad 3	\$9.78	
Zona de disponibilidad 4	\$8.07	
Zona de disponibilidad 5	\$6.36	
Zona de disponibilidad 6	\$5.74	
Zona de disponibilidad 7	\$4.32	
Zona de disponibilidad 8	\$1.54	
Zona de disponibilidad 9	\$1.15	

Fuente: elaboración propia a partir de la Ley Federal de Derechos (2004). Artículo 223, apartado A

Observando la tabla 51, se aprecia que para fines del pago de derechos por extracción de agua, ya sea superficial o subterránea, México se divide en nueve zonas de disponibilidad, esto obedece al nivel de agua con la que cada región cuenta.

En ese sentido el artículo 231 de la mencionada ley, cataloga a los municipios de Saltillo y Ramos Arizpe en la zona de disponibilidad número 3 y al municipio de Arteaga en la número 5 (LFD, 2004)

Otro de los costos que se generan por la no implementación de un proyecto de tratamiento de aguas residuales, son los relacionados con la descarga de aguas residuales, traducidos en el pago de derechos por permiso de descarga y

por el desalojo de aguas industriales que no cumplen con los límites permisibles por las NOM's.

Los tabuladores referentes al permiso de descarga de aguas residuales, y por incumplimiento de las NOM's se muestran en la tablas 52, 53 y 54 (LFD art. 192, 2004).

Tabla 52 Tabulador oficial de la CNA por derechos originados por concesiones o títulos que se señalan, 2004

Concepto	Cuota sin ajuste	Cuota con ajuste
Explotación de aguas	\$2,201.40	\$2,201.00
Por cada permiso de descarga aguas residuales industriales	\$3,014.99	\$3,015.00
Por cada permiso de descarga aguas residuales no industriales	\$1,004.93	\$1,005.00
Por la modificación, títulos anteriores	\$1,125.76	\$1,126.00

Fuente: Elaboración propia a partir de la Ley Federal de Derechos (2004). Artículo 192

Tabla 53 Cuotas en pesos por metro cubico por incumplimiento de los límites permisibles para potencial hidrogeno (pH)

Rango en unidades de pH	Cuota por cada m ³
menor de 5 y hasta 4	\$0.04
menor de 4 y hasta 3	\$0.14
menor de 3 y hasta 2	\$0.44
menor de 2 y hasta 1	\$1.30
menor de 1	\$1.80
mayor de 10 y hasta 11	\$0.22
mayor de 11 y hasta 12	\$0.69
mayor de 12 y hasta 13	\$0.98
mayor de 13	\$1.39

Fuente: elaboración propia a partir de la Ley Federal de Derechos (2004). Artículo 278-Cfracción II

De las tablas 52 y 53 que muestran los tabuladores oficiales, respecto a la descarga de aguas residuales y costos por incumplimiento en los límites

permisibles de pH, se observa por lo que hace a las descargas que no hay diferenciación de zonas, el costo es unitario para todas las regiones.

Por otro lado en lo referente a las cuotas por incumplimiento en los niveles de pH, los límites permisibles de acuerdo con la LFD es entre 5 a 10 (LFD, 2004. Art 278-C fracc. II).

En la tabla 54 se muestra las cuotas por incumpliendo de los límites permisibles en contaminantes básicos, metales pesados y cianuro, esta se construyó sólo con los rangos de incumplimiento a partir de 2.90.⁵²

Tabla 54 Cuota por incumplimiento de los límites permisibles de metales pesados

Rango de Incumplimiento	contaminantes básicos	Metales pesados y cianuro
mayor de 2.90 y hasta 3.00	\$4.27	\$175.55
mayor de 3.00 y hasta 3.10	\$4.33	\$177.02
mayor de 3.10 y hasta 3.20	\$4.36	\$178.48
mayor de 3.20 y hasta 3.30	\$4.39	\$179.90
mayor de 3.30 y hasta 3.40	\$4.42	\$181.27
mayor de 3.40 y hasta 3.50	\$4.45	\$182.62
mayor de 3.50 y hasta 3.60	\$4.49	\$183.91
mayor de 3.60 y hasta 3.70	\$4.50	\$185.17
mayor de 3.70 y hasta 3.80	\$4.53	\$186.47
mayor de 3.80 y hasta 3.90	\$4.58	\$187.67
mayor de 3.90 y hasta 4.00	\$4.59	\$188.90
mayor de 4.00 y hasta 4.10	\$4.61	\$190.08
mayor de 4.10 y hasta 4.20	\$4.63	\$191.27
mayor de 4.20 y hasta 4.30	\$4.69	\$192.38
mayor de 4.30 y hasta 4.40	\$4.71	\$193.53
mayor de 4.40 y hasta 4.50	\$4.74	\$194.64
mayor de 4.50 y hasta 4.60	\$4.79	\$195.72
mayor de 4.60 y hasta 4.70	\$4.82	\$196.77
mayor de 4.70 y hasta 4.80	\$4.83	\$197.82
mayor de 4.80 y hasta 4.90	\$4.85	\$198.89
mayor de 4.90 y hasta 5.00	\$4.87	\$199.91
mayor de 5.00	\$4.90	\$200.91

Fuente: elaboración propia a partir de la Ley Federal de Derechos (2004). Artículo 278-Cfracción III

⁵² Para mayor información ver LFD (2004). Artículo 278-C fracción III.

Para efectos del análisis, se considero que el agua industria residual generada por parte de la industria tiene un pH de 1, que durante el proceso de producción de pierde el 30 por ciento del agua, de tal manera que se descargan a los cuerpos receptores 7 litros de cada 10, y por último el agua residual a descargar tiene un índice de incumplimiento de 4.75 (para ver detalles del cálculo del índice de incumplimiento y su metodología ver anexo 13).

Ahora bien, para obtener los costos por el abastecimiento del agua, así como por el desalojo de las aguas residuales a los cuerpos receptores, solo basta con utilizar las tarifas de los tabuladores contenidos en las tablas 51, 52, 53 y 54.

Es importante notar que, aunque la LFD establece que el pago de derechos por todos estos conceptos es se forma trimestral, dicho tabulador maneja diferentes tarifas dependiendo de la zona de disponibilidad de agua, los consumos mensuales en metros cúbicos, los pesos de metales descargados y los volúmenes de descarga, sin embargo, a efecto de mostrar los costos en los que incurre la industria, los mostraremos de manera mensual.

Como ya hemos señalado con anterioridad, de la tabla 50, se obtiene que el consumo real mensual de agua dentro de la Metal-Mecánica, de ella se desprende que para el mes de enero de 2004, la demanda de agua fue de 1'040,683 m³, por lo que la Comisión Nacional del Agua recaudará, según el tabulador oficial, \$9.78 pesos M.N. por m³ consumido por concepto de agua potable.

Así mismo, para la determinación de los costos por concepto de descarga de pH, se aplica la tarifa de \$1.3 pesos M.N por m³, la tarifa por descarga de agua residual es de \$3,015 pesos M.N. y para el caso de descarga de metales pesados \$197.82 por kg descargado mensualmente

En la tabla 55, se muestran los costos del mes de enero de 2004 referentes al uso de agua en la industria, de acuerdo a su costo por metro cúbico por los

conceptos de extracción de agua, descarga de agua residual, pH y metales pesados, valores cuya forma de obtener ya se ha explicado anteriormente.

Tabla 55 costos mensuales del mes de enero de 2004 por consumo de agua por parte de la Metal-Mecánica

Municipio	Consumo m ³	Permiso por descarga	Costo			total
			Agua	Descarga pH	Descarga metales pesados	
Ramos Arizpe	565,588.80	\$3,015.00	\$5,531,458.46	\$5,146,858.08	\$7,440,337.63	\$18,121,669.17
Saltillo	475,094.60	\$3,015.00	\$4,646,425.38	\$4,323,361.04	\$6,249,883.97	\$15,222,685.39
Arteaga	ND	0	0	0	0	0
Total	1'040,683.419	\$6,030.00	\$10,177,883.84	\$9,470,219.12	\$13,690,221.60	\$33,344,354.56

Fuente: Elaboración propia. Cálculos realizados en base a las tarifas previstas por la LFD (2004), con datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua

De la tabla 55, se pueden obtener los costos anuales que se tienen en las instalaciones industriales referentes al consumo de agua en los procesos productivos, en la tabla 56 se muestran los costos anuales por concepto de extracción de agua, costos de descarga, y por incumplimiento en los límites permisibles de pH y metales pesados.

Se resalta que para la determinación anual de los costos, no se incluye al municipio de Arteaga, esto por no contar con información disponible.

A partir de la tabla anterior, se puede apreciar que para el año 2004, el Costo Anual Total por concepto de agua de la Metal-Mecánica es de \$ 392,604.24 miles de pesos M.N., de los cuales \$ 213,368.72 miles de pesos M.N. son generados por el municipio de Ramos Arizpe, mientras en Saltillo se genera un gasto anual de \$ 179,235.52 miles de pesos M.N.

Así mismo, se puede observar, que los pagos de derechos por incumplimiento en los límites permisibles de metales pesados, representa el costo más alto, con un 41.06 por ciento de los costos totales, para el año 2004.

Tabla 56 Costos anuales por extracción de agua y descarga de residuos en los cuerpos receptores de la Metal-Mecánica en la ZMS, 2004-2024

Año	Municipio	Consumo m ³	Permiso por descarga	Costos en miles de pesos			Total
				Agua	Descarga pH	Descarga metales pesados	
2004	Ramos Arizpe	6,659,352.00	\$36.18	\$65,128.46	\$60,600.10	\$87,603.98	\$213,368.72
	Saltillo	5,593,856.00	\$36.18	\$54,707.91	\$50,904.09	\$73,587.34	\$179,235.52
2005	Ramos Arizpe	6,817,032.00	\$37.63	\$69,337.40	\$64,516.39	\$93,265.39	\$227,156.81
	Saltillo	5,646,416.00	\$37.63	\$57,430.83	\$53,437.68	\$77,249.92	\$188,156.06
2006	Ramos Arizpe	6,227,834.40	\$39.13	\$65,878.33	\$61,297.83	\$88,612.62	\$215,827.91
	Saltillo	5,725,256.00	\$39.13	\$60,562.03	\$56,351.18	\$81,461.69	\$198,414.03
2007	Ramos Arizpe	6,411,794.40	\$40.70	\$70,537.24	\$65,632.81	\$94,879.29	\$231,090.04
	Saltillo	9,141,760.80	\$40.70	\$100,570.06	\$93,577.46	\$135,276.30	\$329,464.52
2008	Ramos Arizpe	6,622,034.40	\$42.33	\$75,764.13	\$70,496.28	\$101,909.96	\$248,212.70
	Saltillo	9,141,760.80	\$42.33	\$104,592.87	\$97,320.56	\$140,687.35	\$342,643.11
2009	Ramos Arizpe	7,972,826.40	\$44.02	\$94,867.59	\$88,271.48	\$127,605.93	\$310,789.02
	Saltillo	9,141,760.80	\$44.02	\$108,776.58	\$101,213.38	\$146,314.85	\$356,348.83
2010	Ramos Arizpe	7,972,826.40	\$45.78	\$98,662.29	\$91,802.34	\$132,710.16	\$323,220.57
	Saltillo	9,141,760.80	\$45.78	\$113,127.64	\$105,261.92	\$152,167.44	\$370,602.78
2011	Ramos Arizpe	7,972,826.40	\$47.61	\$102,608.78	\$95,474.43	\$138,018.57	\$336,149.39
	Saltillo	9,141,760.80	\$47.61	\$117,652.75	\$109,472.40	\$158,254.14	\$385,426.90
2012	Ramos Arizpe	7,972,826.40	\$49.51	\$106,713.13	\$99,293.41	\$143,539.31	\$349,595.36
	Saltillo	9,141,760.80	\$49.51	\$122,358.86	\$113,851.29	\$164,584.30	\$400,843.96
2013	Ramos Arizpe	7,972,826.40	\$51.50	\$110,981.66	\$103,265.14	\$149,280.89	\$363,579.19
	Saltillo	9,141,760.80	\$51.50	\$127,253.21	\$118,405.34	\$171,167.67	\$416,877.72
2014	Ramos Arizpe	7,972,826.40	\$53.56	\$115,420.93	\$107,395.75	\$155,252.12	\$378,122.36
	Saltillo	9,141,760.80	\$53.56	\$132,343.34	\$123,141.56	\$178,014.38	\$433,552.84
2015	Ramos Arizpe	7,972,826.40	\$55.70	\$120,037.76	\$111,691.58	\$161,462.21	\$393,247.25

Continuación tabla 56

Año	Municipio	Consumo m ³	Permiso de descarga	Costos en miles de pesos			Total
				Agua	Descarga pH	Descarga metales pesados	
2016	Ramos Arizpe	7,972,826.40	\$57.93	\$124,839.27	\$116,159.24	\$167,920.69	\$408,977.13
	Saltillo	9,141,760.80	\$57.93	\$143,142.56	\$133,189.91	\$192,540.35	\$468,930.75
2017	Ramos Arizpe	7,972,826.40	\$60.24	\$129,832.84	\$120,805.61	\$174,637.52	\$425,336.21
	Saltillo	9,141,760.80	\$60.24	\$148,868.26	\$138,517.50	\$200,241.97	\$487,687.97
2018	Ramos Arizpe	7,972,826.40	\$62.65	\$135,026.16	\$125,637.84	\$181,623.02	\$442,349.67
	Saltillo	9,141,760.80	\$62.65	\$154,822.99	\$144,058.20	\$208,251.65	\$507,195.49
2019	Ramos Arizpe	7,972,826.40	\$65.16	\$140,427.21	\$130,663.35	\$188,887.94	\$460,043.66
	Saltillo	9,141,760.80	\$65.16	\$161,015.91	\$149,820.53	\$216,581.71	\$527,483.31
2020	Ramos Arizpe	7,972,826.40	\$67.76	\$146,044.29	\$135,889.88	\$196,443.46	\$478,445.39
	Saltillo	9,141,760.80	\$67.76	\$167,456.55	\$155,813.35	\$225,244.98	\$548,582.64
2021	Ramos Arizpe	7,972,826.40	\$70.48	\$151,886.07	\$141,325.48	\$204,301.20	\$497,583.23
	Saltillo	9,141,760.80	\$70.48	\$174,154.81	\$162,045.89	\$234,254.78	\$570,525.96
2022	Ramos Arizpe	7,972,826.40	\$73.29	\$157,961.51	\$146,978.50	\$212,473.25	\$517,486.55
	Saltillo	9,141,760.80	\$73.29	\$181,121.00	\$168,527.72	\$243,624.97	\$593,346.98
2023	Ramos Arizpe	7,972,826.40	\$76.23	\$164,279.97	\$152,857.64	\$220,972.18	\$538,186.02
	Saltillo	9,141,760.80	\$76.23	\$188,365.84	\$175,268.83	\$253,369.97	\$617,080.87
2024	Ramos Arizpe	7,972,826.40	\$79.27	\$170,851.17	\$158,971.94	\$229,811.07	\$559,713.45
	Saltillo	9,141,760.80	\$79.27	\$195,900.48	\$182,279.59	\$263,504.77	\$641,764.11

Fuente: Elaboración propia. Cálculos realizados en base a las tarifas previstas por la LFD (2004), con datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua

Los costos por concepto de consumo y descarga de agua para el año 2004 son muy parecidos en ambos municipio, los costos para Ramos Arizpe representan el 54.35 por ciento y saltillo el 45.65 por ciento. Para obtener el costo promedio anual por unidad industrial por consumo de agua en la industria se tomarán en cuenta las 712 firmas localizadas dentro de la ZMS.

Por lo tanto, el costo promedio por unidad industrial por consumo de agua en la Metal-Mecánica es de \$ 551.41 miles de pesos M.N., que corresponden al costo de 17,209.80 m³ de consumo anual.

7.3.1.2 Costos de operación por concepto de liquidaciones

Tomando en consideración que casi la totalidad de la superficie de la ZMS, está sujeta a decretos de veda sobre la extracción de agua subterránea, ocasionada por la presión que se ejerce sobre los mantos acuíferos, lo cual ha ocasionado que para el año 2002 el acuífero Saltillo-Ramos Arizpe presentara un déficit de -21.27 millones de metros cúbicos y para el 2004 el Cañón del Derramadero tuviera un déficit de 0.443 millones de metros cúbicos (CNA, 2002c; 2004a). Lo cual se agudizo durante los años posteriores, ya que como se ya se menciona con anterioridad, según los estudios publicados por la CNA (2009d), los cuatro acuíferos con los que se cuenta información disponible, presentan sobreexplotación, ya que todos tiene déficit de agua, el cañón del Derramadero - 1.20, Saltillo-Sur -21.47, General Cepeda-Sauceda-18.91 y Región Manzanera-Zapalinamé -7.47 millones de metros cúbicos al año respectivamente, por lo que ante el incremento de la demanda de agua, tanto por parte de la industria, como de la población y ante el no otorgamiento de nuevas concesiones para la extracción de agua, la externalidad negativa generada por la falta de agua orillará a las firmas a desplazarse a otras regiones en donde la disponibilidad de agua no represente un obstáculo.

De lo anterior, y tomando en consideración que la ZMS, casi en su totalidad se encuentra en veda, de continuar las tendencias que ha presentado la ZMS, para el año 2020, el problema de escasez de agua en la región será de consideración. Por lo cual para cuestiones del análisis calcularemos las liquidaciones de los trabajadores que dependen de la industria en estudio para el año 2020.

Se resalta que por lo que hace al número de personal ocupado, este se mantuvo constante, estos en virtud de que los indicadores como la tasa de crecimiento, inflación, inversión extranjera, etc., no se han mantenido constantes, no es fácil predecir el comportamiento del empleo, por lo cual mantendremos constante el empleo generado por la Metal-Mecánica durante el año 2008, tomado de los Censos económicos de 2009.

Por lo que hace a la determinación de las liquidaciones ocasionadas por la terminación colectiva de las relaciones de trabajo, para facilitar el análisis se hará los siguientes supuestos: 8 de cada 100 son secretarias, de cada 50 empleados ocupados en la industria 6 son utilizados en puestos administrativos, 8 de cada 10 son empleados como obreros en las siguientes categorías: herrero, oficial electricista para automóviles, oficial de fundidora, lubricación de automóviles, operador de maquinaria para fundidora, moldero de fundición de metales, mecánico tornero y oficial de pintura automotriz; para el cálculo de los años laborados por lo trabajadores, se considero que la mitad de ellos llevaba laborando 5 años, 23 de cada 100 prestó servicios por diez años, 6 de cada 50 empleados quince años, 1 de cada 10 laboro veinte años y 5 de cada 100 por veinticinco años; se tomo como salario base del cálculo de las liquidaciones, el Salario Profesional Mínimo Diario Zona Geográfica C, esto toda vez que no excede en dos veces el salario mínimo diario vigente en la zona, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre de 2009, para la determinación del salario mensual se calculo multiplicando el Salario Mínimo Profesional por treinta días. Por último a partir del año 2011, los salarios profesionales mínimos se

incrementaron en un 4 por ciento anual, esto debido a que se realizó una revisión sobre los incrementos anuales de salario mínimo y la tendencia de la administración federal es incrementar entre un 3 y 4.5 por ciento anual, por lo cual se determinó incrementar un 4 por ciento anual.

En la tabla 57 se muestran los costos totales ocasionados por las terminaciones colectivas de trabajo, estas se determinaron en función de lo previsto por los artículos 434-436 de la Ley Federal del Trabajo (Para detalle de los incrementos de los salarios mínimos profesionales y cálculos de liquidaciones ver anexo 14).

De la tabla anterior se aprecia que el costo total por concepto de liquidaciones para el año 2020 asciende a \$ 1'090,962.45 miles de pesos, de los cuales \$392,997.99 miles de pesos corresponden al costo total de liquidaciones de trabajadores que laboraron durante cinco años, que representa el 36.02 por ciento del costo total por concepto de liquidaciones.

También puede apreciarse que de cada 10 pesos que se destinan al pago de liquidaciones 1.6 se pagan a empleados administrativos, se resalta que de cada 100 pesos que se destinan a indemnizaciones solo 7.75 pesos son para cubrir las liquidaciones de los lubricadores de automóviles, esto se debe a que ellos tienen el salario mínimo profesional más bajo.

Tomando en consideración que los costos por concepto de liquidaciones por terminación colectiva de las relaciones de trabajo es de \$ 1'090,962.45 miles de pesos y que el personal ocupado total de la industria en estudio asciende a 43,620. Para obtener el costo promedio anual *per cápita* por liquidaciones, basta dividir el costo total entre el número de trabajadores ocupados dentro de la industria

Por lo tanto, el costo promedio *per cápita* por indemnizaciones en la Metal-Mecánica es de \$ 25,010.60 pesos M.N.

Tabla 57 Liquidaciones por terminación colectiva de las relaciones de trabajo, 2020

Tipo de ocupación /a	Liquidación Total por años trabajados /b /c /d /e /f (Miles de Pesos)					Gasto total en liquidaciones (Miles de Pesos)
	5	10	15	20	25	
Herreo	\$ 32,862.42	\$ 21,163.40	\$ 14,196.56	\$ 14,459.46	\$ 8,544.23	\$ 91,226.07
Oficial Electricista para Automoviles	\$ 33,701.81	\$ 21,703.97	\$ 14,559.18	\$ 14,828.80	\$ 8,762.47	\$ 93,556.23
Oficial de hojalatería para Automoviles	\$ 33,490.85	\$ 21,568.11	\$ 14,468.05	\$ 14,735.98	\$ 8,707.62	\$ 92,970.61
Oficial de fundidora	\$ 34,411.92	\$ 22,161.28	\$ 14,865.95	\$ 15,141.25	\$ 8,947.10	\$ 95,527.50
Lubricación Automoviles	\$ 30,464.99	\$ 19,619.45	\$ 13,160.87	\$ 13,404.59	\$ 7,920.90	\$ 84,570.80
Operador de maquinaria para fundición	\$ 34,411.92	\$ 22,161.28	\$ 14,865.95	\$ 15,141.25	\$ 8,947.10	\$ 95,527.50
Moldero Fundición de metales	\$ 32,440.61	\$ 20,891.75	\$ 14,014.34	\$ 14,273.87	\$ 8,434.56	\$ 90,055.13
Mecánico tornero	\$ 33,215.36	\$ 21,390.69	\$ 14,349.04	\$ 14,614.76	\$ 8,635.99	\$ 92,205.84
Oficial de pintura automotriz	\$ 32,870.89	\$ 21,168.86	\$ 14,200.23	\$ 14,463.19	\$ 8,546.43	\$ 91,249.60
Secretaria	\$ 31,825.47	\$ 20,495.60	\$ 13,748.60	\$ 14,003.21	\$ 8,274.62	\$ 88,347.50
Personal Administrativo	\$ 63,301.75	\$ 40,766.33	\$ 27,346.36	\$ 27,852.77	\$ 16,458.46	\$ 175,725.67
Costo total en liquidaciones						\$ 1,090,962.45

/a Para efectos del análisis, del personal ocupado total 8 de cada 100 son secretarias, de cada 50 empleados ocupados en la industria 6 son utilizados en puestos administrativos y 8 de cada 10 son empleados como obreros en las diversas clasificaciones propuestas

/b Para el cálculo de los años laborados por lo trabajadores, se considero que la mitad de ellos llevaba laborando 5 años, 23 de cada 100 prestó servicios por diez años, 6 de cada 50 empleados quince años, 1 de cada 10 laboro veinte años y 5 de cada 100 por veinticinco años

/c Salario Profesional Mínimo Diario Zona Geográfica C , que se toma como base para el cálculo de liquidaciones, pues no excede en dos veces el salario mínimo diario vigente en la zona, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre de 2009

/d El salario mensual se calculo multiplicando el Salario Mínimo Profesional por treinta días

/e La prima de antigüedad se basa en el artículo 162 de la Ley Federal del Trabajo y asciende a doce días por cada año trabajado

/f El cálculo de las liquidaciones, se basa en el artículo 436 de la Ley Federal del Trabajo, cubre tres meses de sueldo más la prima de antigüedad correspondiente, para obtener las liquidaciones totales del total de trabajadores se multiplicó la liquidación por el número de trabajadores

Fuente: Elaboración Propia, en base a los artículos 434-436 de la Ley Federal del Trabajo

7.3.2 Costos de operación con la implementación del proyecto

Para obtener los costos de operación que la industria tendría si contara con el programa de tratamiento y reciclado del agua industrial que se proponen en esta investigación, solo basta con aplicar la misma metodología empleada en la sección anterior, ahora para los consumos descritos en el apartado 7.2.3, ya que al implementar el tratamiento y reciclado de agua, se dejan de consumir los niveles de agua tratada, resaltándose que para la determinación de los costos.

En este apartado no se calculan los costos relativos a las descarga de aguas residuales, ya que el nivel de tratamiento de agua es de descarga cero y por tanto no hay descarga de materiales contaminantes a los cuerpos receptores.

Así mismo, a partir de la metodología seguida hasta ahora, se deben calcular los costos por la operación de las PTAR durante el periodo de análisis.

7.3.2.1 Costos de operación por concepto de consumo de agua

En la tabla 58, se muestran los costos del mes de enero de 2004 referentes al uso de agua en la industria, de acuerdo a su costo por metro cúbico por el conceptos de extracción de agua, valores cuya forma de obtener ya se ha explicado anteriormente.

De esta tabla se puede obtener el costo mensual que se tiene dentro de la industria, tanto en el municipio de Ramos Arizpe como en Saltillo, referente solamente al consumo de agua para los procesos productivos.

Así mismo, se aprecia que para el municipio de Arteaga no existe información disponible, señalándose esto por las limitaciones que pudiera tener el estudio.

Tabla 58 Costos mensuales del mes de enero de 2004 por consumo de agua por parte de la Metal-Mecánica con la implementación del tratamiento y reciclado del agua industrial residual

Año	Municipio	Consumo de agua m ³ /mes	Zona de Disponibilidad	Cuota Art. 223 fracc. III , IV LFD (\$/m ³)	Derechos por extracción
2004	Ramos Arizpe	232,128	3	9.78	\$ 2,270,211.84
	Saltillo	408,456	3	9.78	\$ 3,994,699.68
	Arteaga	ND	5	6.36	\$ -
	Total	640,584			\$ 6,264,911.52

Fuente: Elaboración propia. Cálculos realizados en base a las tarifas previstas por la LFD (2004), con datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua.

A partir de la tabla 42, se pueden obtener los costos anuales que se tienen en las instalaciones industriales referentes al consumo de agua en los procesos productivos.

De ahí que en la tabla 59, se muestren los costos anuales, tomando en cuenta 365 días de operación, para el periodo comprendido de 2004 al 2024.

El Costo Anual Total por concepto de consumo de agua por parte de la Metal-Mecánica para el periodo 2004 fue de \$ 73,764.28 miles de pesos M.N., de los cuales alrededor del 64 por ciento fue consumido por la industria situada en el municipio de Saltillo.

El costo promedio anual por unidad económica que tendría la Metal-Mecánica por el consumo de agua durante el año 2004, a partir de la implementación del tratamiento y reciclado de aguas residuales industriales corresponderían a \$ 103,601.52 pesos M.N. que sería el costo de 10,593.20 m³ de consumo anual.

Tabla 59 Costos anuales por extracción de agua para la industria Metal-Mecánica, con la implementación de tratamiento y reciclado del agua, 2004-2024

Año	Municipio	Consumo de agua m³/mes	Zona de Disponibilidad	Cuota Art. 223 fracc III y IV LFD (\$/m³)	Derechos por extracción
2004	Ramos Arizpe	2,733,120	3	\$9.78	\$26,729,913.60
	Saltillo	4,809,240	3	\$9.78	\$47,034,367.20
	Arteaga	ND	5	\$6.36	\$ -
2005	Ramos Arizpe	2,890,800	3	\$10.17	\$29,402,904.96
	Saltillo	4,861,800	3	\$10.17	\$49,450,340.16
	Arteaga	ND	5	\$6.61	\$ -
2006	Ramos Arizpe	3,074,760	3	\$10.58	\$32,524,958.87
	Saltillo	4,940,640	3	\$10.58	\$52,262,327.07
	Arteaga	ND	5	\$6.88	\$ -
2007	Ramos Arizpe	3,258,720	3	\$11.00	\$35,849,732.44
	Saltillo	5,045,760	3	\$11.00	\$55,509,263.14
	Arteaga	ND	5	\$7.15	\$ -
2008	Ramos Arizpe	3,468,960	3	\$11.44	\$39,689,123.14
	Saltillo	5,045,760	3	\$11.44	\$57,729,633.66
	Arteaga	ND	5	\$7.44	\$ -
2009	Ramos Arizpe	3,679,200	3	\$11.90	\$43,778,305.53
	Saltillo	5,045,760	3	\$11.90	\$60,038,819.01
	Arteaga	ND	5	\$7.74	\$ -
2010	Ramos Arizpe	3,679,200	3	\$12.37	\$45,529,437.75
	Saltillo	5,045,760	3	\$12.37	\$62,440,371.77
	Arteaga	ND	5	\$8.05	\$ -
2011	Ramos Arizpe	3,679,200	3	\$12.87	\$47,350,615.26
	Saltillo	5,045,760	3	\$12.87	\$64,937,986.64
	Arteaga	ND	5	\$8.37	\$ -
2012	Ramos Arizpe	3,679,200	3	\$13.38	\$49,244,639.87
	Saltillo	5,045,760	3	\$13.38	\$67,535,506.10
	Arteaga	ND	5	\$8.70	\$ -
2013	Ramos Arizpe	3,679,200	3	\$13.92	\$51,214,425.46
	Saltillo	5,045,760	3	\$13.92	\$70,236,926.35
	Arteaga	ND	5	\$9.05	\$ -
2014	Ramos Arizpe	3,679,200	3	\$14.48	\$53,263,002.48
	Saltillo	5,045,760	3	\$14.48	\$73,046,403.40
	Arteaga	ND	5	\$9.41	\$ -

Continuación tabla 59

Año	Municipio	Consumo de agua m³/mes	Zona de Disponibilidad	Cuota Art. 223 fracc III y IV LFD (\$/m³)	Derechos por extracción
2015	Ramos Arizpe	3,679,200	3	\$15.06	\$55,393,522.58
	Saltillo	5,045,760	3	\$15.06	\$75,968,259.54
	Arteaga	ND	5	\$9.79	\$ -
2016	Ramos Arizpe	3,679,200	3	\$15.66	\$57,609,263.48
	Saltillo	5,045,760	3	\$15.66	\$79,006,989.92
	Arteaga	ND	5	\$10.18	\$ -
2017	Ramos Arizpe	3,679,200	3	\$16.28	\$59,913,634.02
	Saltillo	5,045,760	3	\$16.28	\$82,167,269.52
	Arteaga	ND	5	\$10.59	\$ -
2018	Ramos Arizpe	3,679,200	3	\$16.94	\$62,310,179.38
	Saltillo	5,045,760	3	\$16.94	\$85,453,960.30
	Arteaga	ND	5	\$11.01	\$ -
2019	Ramos Arizpe	3,679,200	3	\$17.61	\$64,802,586.56
	Saltillo	5,045,760	3	\$17.61	\$88,872,118.71
	Arteaga	ND	5	\$11.45	\$ -
2020	Ramos Arizpe	3,679,200	3	\$18.32	\$67,394,690.02
	Saltillo	5,045,760	3	\$18.32	\$92,427,003.46
	Arteaga	ND	5	\$11.91	\$ -
2021	Ramos Arizpe	3,679,200	3	\$19.05	\$70,090,477.62
	Saltillo	5,045,760	3	\$19.05	\$96,124,083.60
	Arteaga	ND	5	\$12.39	\$ -
2022	Ramos Arizpe	3,679,200	3	\$19.81	\$72,894,096.73
	Saltillo	5,045,760	3	\$19.81	\$99,969,046.94
	Arteaga	ND	5	\$12.88	\$ -
2023	Ramos Arizpe	3,679,200	3	\$20.60	\$75,809,860.60
	Saltillo	5,045,760	3	\$20.60	\$103,967,808.82
	Arteaga	ND	5	\$13.40	\$ -
2024	Ramos Arizpe	3,679,200	3	\$21.43	\$78,842,255.02
	Saltillo	5,045,760	3	\$21.43	\$108,126,521.17
	Arteaga	ND	5	\$13.94	\$ -

Fuente: Elaboración propia. Cálculos realizados en base a las tarifas previstas por la LFD (2004), con datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua. Para la determinación de los costos, las tarifas previstas por la LFD, se incrementaron un 4 por ciento anual a partir del año 2005.

7.3.2.2 Costos de operación por funcionamiento y mantenimiento de las Plantas Tratadoras de Agua dentro de la Zona Metropolitana de Saltillo

Los costos de operación referentes al funcionamiento y mantenimiento de las PTARs comprenden los gastos generados por conceptos de salarios del personal que en ellas laborarán, los insumos necesarios para el tratamiento y reciclado del agua, los gastos corrientes que se generen durante el funcionamiento de las mismas y las erogaciones por mantenimiento generados por el Análisis de calidad de agua y Mantenimiento de las PTARs

Para efectos del análisis y el cálculo de los costos relacionados con el funcionamiento y mantenimiento de cada PTARs se considera la información proporcionada por Ingeniería Básica, datos tomados de la licitación de la PTARs para Ramos Arizpe y Fomento Económico Sureste de Coahuila, A.C. Lo anterior se ha contemplado así, por cuestiones de accesibilidad a la información requerida.

Así mismo por las razones ya expuestas en los apartados anteriores, tanto los costos de mantenimiento como de funcionamiento se han incrementado a una razón del 4 por ciento anual, para fines del análisis.

Es pertinente aclarar, que por lo que respecta a los costos que se determinan en este apartado, estos se consideran uniformes para todas las PTARs que se proponen implementar (en el caso recordar que son seis PTARs).

Mismas que como ya se ha mencionado se localizarán en los parques industriales Finsa, Santa María, Santa Mónica y Saltillo-Ramos Arizpe.

Por lo anterior, de acuerdo con la información proporcionada, podemos determinar los costos diarios generados por cada PTAR, mismos que se muestran en la tabla 60.

Tabla 60 Costos diarios generados por cada planta tratadora de agua residual, periodo 2004

Municipio	Sueldos, Energía		Gastos Generales	Costo Total pesos M.N.
	eléctrica e Insumos			
Ramos Arizpe	\$ 13,150.68	\$ 789.04	\$ 13,939.72	
Saltillo	\$ 13,150.68	\$ 789.04	\$ 13,939.72	
Arteaga	\$ -	\$ -	\$ -	
Total	\$ 26,301.36	\$ 1,578.08	\$ 27,879.44	

Fuente: Elaboración propia, en base a datos tomados de Ingeniería Básica, Licitación de planta tratadora de aguas para Ramos Arizpe y Fomento Económico Sureste de Coahuila, A.C.

Dentro de esta tabla se muestran los costos diarios por el tratamiento del agua industrial, de ella se desprende que los costos diarios en cada PTAR ascienden a \$13,939.72 pesos M.N, de los cuales \$13,150.68 son generados por concepto de sueldos, energía eléctrica e insumos, los cuales representan el 94 por ciento del gasto total diario dentro de cada PTARs.

A partir de la tabla anterior, se puede determinar el costo promedio mensual de cada PTARs, los cuales se muestran en la tabla 61 (los datos mostrados en esta tabla se refieren al mes de enero de 2004).

Tabla 61 Costos promedios mensuales por planta tratadora de agua en la zona metropolitana de Saltillo

Periodo	Municipio	Sueldos, Energía		Costo Total pesos M.N.
		eléctrica e Insumos	Gastos Generales	
Enero, 2004	Ramos Arizpe	\$ 407,671.00	\$ 24,460.27	\$ 432,131.27
	Saltillo	\$ 407,671.00	\$ 24,460.27	\$ 432,131.27
	Arteaga	ND		\$ -
	Total	\$ 815,342.00	\$ 48,920.54	\$ 864,262.54

Fuente: Elaboración propia, en base a datos tomados de Ingeniería Básica, Licitación de planta tratadora de aguas para Ramos Arizpe y Fomento Económico Sureste de Coahuila, A.C.

Tomando como base la tabla 61, se calculan los costos anuales por concepto de funcionamiento y mantenimiento de cada PTARs, los cuales se aprecian en la tabla 61

Tabla 62 Costo anual por PTARs dentro de la ZMS, 2004.

Año	Municipio	Sueldos, Energía eléctrica e Insumos	Gastos Generales	Total Pesos M.N.
2004	Ramos Arizpe	\$ 4,799,998.00	\$ 288,000.00	\$ 5,087,998.00
	Saltillo	\$ 4,799,998.00	\$ 288,000.00	\$ 5,087,998.00
	Arteaga	ND	ND	\$ -
	Total	\$ 9,599,996.00	\$ 576,000.00	\$10,175,996.00

Fuente: Elaboración propia, en base a datos tomados de Ingeniería Básica, Licitación de planta tratadora de aguas para Ramos Arizpe y Fomento Económico Sureste de Coahuila, A.C.

Recordando que para la implementación del proyecto son requeridas seis PTARs, mismas que se ubicaran de manera equitativa en los municipios de Saltillo y Ramos Arizpe, a partir de la tabla 62, podemos determinar los costos por funcionamiento y mantenimiento de las PTARs, los cuales se muestran en la tabla 63.

Tabla 63 Costos totales anuales por funcionamiento y mantenimiento de las PTARs dentro de la ZMS, 2004

Año	Municipio	Sueldos, Energía eléctrica e Insumos	Gastos Generales	Total pesos M.N.
2004	Ramos Arizpe	\$14,399,994.00	\$864,000.00	\$15,263,994.00
	Saltillo	\$14,399,994.00	\$864,000.00	\$15,263,994.00

Nota: Para el cálculo anual, se consideró el funcionamiento de todas las PTARs por un periodo de 365 días.

Fuente: Elaboración propia, en base a datos tomados de Ingeniería Básica, Licitación de planta tratadora de aguas para Ramos Arizpe y Fomento Económico Sureste de Coahuila, A.C.

De los supuestos hechos al inicio del presente apartado, respecto al incremento anual del 4 por ciento en lo referente a los costos calculados, de la tabla anterior, podemos calcular los costos anuales por mantenimiento y funcionamiento de todas las PTARs propuestas en el proyecto durante el periodo 2004-2024, mismos que se muestran en la tabla 64.

Tabla 64 Costos totales anuales por funcionamiento y mantenimiento de las PTARs dentro de la ZMS, 2004-2024

Año	Municipio	Sueldos, Energía eléctrica e Insumos	Gastos Generales	Total Pesos M.N.
2004	Ramos Arizpe	\$14,399,994.00	\$864,000.00	\$15,263,994.00
	Saltillo	\$14,399,994.00	\$864,000.00	\$15,263,994.00
2005	Ramos Arizpe	\$14,975,993.76	\$898,560.00	\$15,874,553.76
	Saltillo	\$14,975,993.76	\$898,560.00	\$15,874,553.76
2006	Ramos Arizpe	\$15,575,033.51	\$934,502.40	\$16,509,535.91
	Saltillo	\$15,575,033.51	\$934,502.40	\$16,509,535.91
2007	Ramos Arizpe	\$16,198,034.85	\$971,882.50	\$17,169,917.35
	Saltillo	\$16,198,034.85	\$971,882.50	\$17,169,917.35
2008	Ramos Arizpe	\$16,845,956.24	\$1,010,757.80	\$17,856,714.04
	Saltillo	\$16,845,956.24	\$1,010,757.80	\$17,856,714.04
2009	Ramos Arizpe	\$17,519,794.49	\$1,051,188.11	\$18,570,982.60
	Saltillo	\$17,519,794.49	\$1,051,188.11	\$18,570,982.60
2010	Ramos Arizpe	\$18,220,586.27	\$1,093,235.63	\$19,313,821.91
	Saltillo	\$18,220,586.27	\$1,093,235.63	\$19,313,821.91
2011	Ramos Arizpe	\$18,949,409.73	\$1,136,965.06	\$20,086,374.78
	Saltillo	\$18,949,409.73	\$1,136,965.06	\$20,086,374.78
2012	Ramos Arizpe	\$19,707,386.11	\$1,182,443.66	\$20,889,829.77
	Saltillo	\$19,707,386.11	\$1,182,443.66	\$20,889,829.77
2013	Ramos Arizpe	\$20,495,681.56	\$1,229,741.41	\$21,725,422.96
	Saltillo	\$20,495,681.56	\$1,229,741.41	\$21,725,422.96
2014	Ramos Arizpe	\$21,315,508.82	\$1,278,931.06	\$22,594,439.88
	Saltillo	\$21,315,508.82	\$1,278,931.06	\$22,594,439.88

Continuación tabla 64

Año	Municipio	Sueldos, Energía eléctrica e Insumos	Gastos Generales	Total
2015	Ramos Arizpe	\$22,168,129.17	\$1,330,088.30	\$23,498,217.48
	Saltillo	\$22,168,129.17	\$1,330,088.30	\$23,498,217.48
2016	Ramos Arizpe	\$23,054,854.34	\$1,383,291.84	\$24,438,146.18
	Saltillo	\$23,054,854.34	\$1,383,291.84	\$24,438,146.18
2017	Ramos Arizpe	\$23,977,048.51	\$1,438,623.51	\$25,415,672.03
	Saltillo	\$23,977,048.51	\$1,438,623.51	\$25,415,672.03
2018	Ramos Arizpe	\$24,936,130.46	\$1,496,168.45	\$26,432,298.91
	Saltillo	\$24,936,130.46	\$1,496,168.45	\$26,432,298.91
2019	Ramos Arizpe	\$25,933,575.67	\$1,556,015.19	\$27,489,590.86
	Saltillo	\$25,933,575.67	\$1,556,015.19	\$27,489,590.86
2020	Ramos Arizpe	\$26,970,918.70	\$1,618,255.80	\$28,589,174.50
	Saltillo	\$26,970,918.70	\$1,618,255.80	\$28,589,174.50
2021	Ramos Arizpe	\$28,049,755.45	\$1,682,986.03	\$29,732,741.48
	Saltillo	\$28,049,755.45	\$1,682,986.03	\$29,732,741.48
2022	Ramos Arizpe	\$29,171,745.67	\$1,750,305.47	\$30,922,051.14
	Saltillo	\$29,171,745.67	\$1,750,305.47	\$30,922,051.14
2023	Ramos Arizpe	\$30,338,615.49	\$1,820,317.69	\$32,158,933.18
	Saltillo	\$30,338,615.49	\$1,820,317.69	\$32,158,933.18
2024	Ramos Arizpe	\$31,552,160.11	\$1,893,130.40	\$33,445,290.51
	Saltillo	\$31,552,160.11	\$1,893,130.40	\$33,445,290.51

Nota: Los costos anuales se incrementaron un cuatro por ciento anual, a partir del año 2005.

Fuente: Elaboración propia, en base a datos tomados de Ingeniería Básica, Licitación de planta tratadora de aguas para Ramos Arizpe y Fomento Económico Sureste de Coahuila, A.C.

7.3.3 Presupuesto de la inversión

El presupuesto de inversión que tiene el proyecto corresponde al gasto que se tiene que hacer por parte de la Metal-Mecánica para la construcción de las PTARs propuestas, y consisten en los gastos por adquisición de terreno, estudios técnicos, obra civil, equipamientos de las PTARs y el periodo de estabilización.

Para el presupuesto de inversión se propone considerar la construcción de seis PTARs, mismas que se ubican en los parques industriales Finsa, Santa Mónica, Santa María y Amistad Ramos Arizpe, con una superficie de 3,413.5 metros cuadrados cada una.

Por lo que hace a la determinación de los costos de inversión necesaria para la implementación del proyecto, es necesario determinar las especificaciones de las PTARs. Mismas que se dan a continuación.

La capacidad instalada en cada planta es de 60 litros por segundo (l/s), con una tecnología para tratamiento primario para la eliminación de residuos orgánicos por lodos activados, y tratamiento secundario por tratamiento fisicoquímico para las aguas industriales, las cuales generarán agua con estándares superiores a los marcados por la Norma Oficial Mexicana de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (NOM-002); misma que se utilizará para riego de áreas verdes de las industrias, área de sanitarios, lagunas artificiales y reutilización en diversas partes del proceso productivo.

El tiempo de construcción para cada planta suponemos es de 1 año, mientras que la fase de operación se tiene prevista por un periodo no menor de 30 años.

Para la estimación de los costos de inversión se describen todos los conceptos que lo integran y el monto de cada uno de ellos.

Como ya se menciono anteriormente la superficie requerida para la construcción de cada una de las PTARs es de 3,413.5 metros cuadrados cada una, para determinar el costo del terreno necesario para la construcción de cada PTAR, es necesario tener la cotización del precio de los terrenos, en la tabla 65 se muestra el precio de los terrenos en los diversos parque industriales que se proponen para la construcción de las PTARs, se aclara que estos están en función de dólares⁵³/ pies cuadrados. Por lo cual en dicha tabla se muestran también los precios de los terrenos en pesos⁵⁴/metros cuadrados.⁵⁵

Tabla 65 Precios de los terrenos requeridos para la construcción de una PTARs en los diversos parques industriales de la ZMS

Ubicación	Costo de terreno en dólar/ft ²	Superficie requerida en ft ²	Precio terreno dólar/ft ²	Costo de terreno peso/mt ²	Superficie requerida en ft ²	Precio terreno pesos/mt ²
Finsa	\$2.55	36,742.62	\$93,693.69	\$285.46	3,413.50	\$974,414.39
Santa Mónica	\$8.00	36,742.62	\$293,940.99	\$895.56	3,413.50	\$3,056,986.32
Santa María	\$9.67	36,742.62	\$355,301.17	\$1,082.51	3,413.50	\$3,695,132.21
Ramos Arizpe	\$2.60	36,742.62	\$95,530.82	\$291.06	3,413.50	\$993,520.55

Fuente: Elaboración propia, en base a datos tomados de Fomento Económico Sureste de Coahuila, A.C. Costos de terrenos de los parques industriales

Otro egreso necesario para la construcción de cada PTARs, consiste en la compra de la maquinaria requerida para el tratamiento, tanto primario como secundario de las aguas industriales residuales, con capacidad de 60 lt/s, así

⁵³ Para determinar el precio en dólares de los terrenos se tomo el precio promedio de los mismos

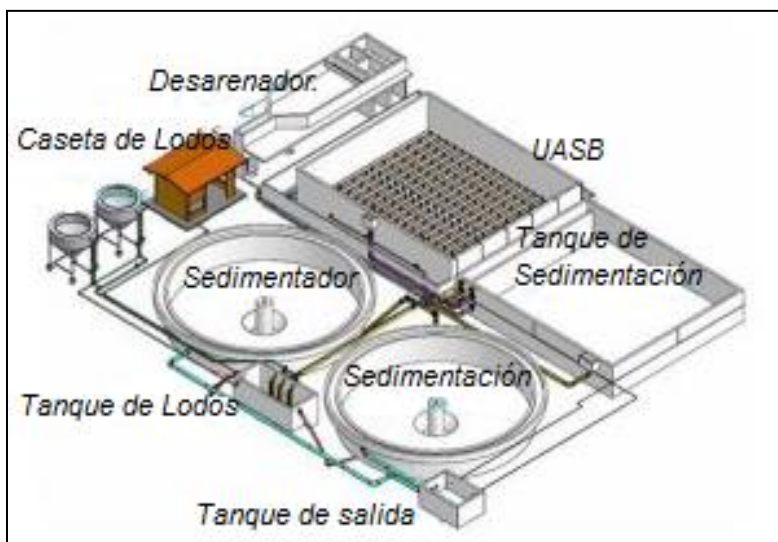
⁵⁴ Para la conversión a pesos mexicanos, se tomo el tipo de cambio interbancario vigente el día 02 de enero de 2003, que fue de \$10.40 pesos mexicanos por dólar, rescatado en línea del Banco de México en: <http://www.bancodemexico.gob.mx/portal-mercado-cambiario/index.html>

⁵⁵ Para la conversión de pies cuadrados a metros cuadrados, se utilizo el factor de conversión de $ft^2 = 0.092903 m^2$

como la obra civil que esta requiere, cuyos costos se estiman en \$ 22'165,357.33 pesos M.N., más el Impuesto al Valor Agregado⁵⁶ (IVA).

Además del costo que implica la maquinaria y obra civil, se deben tener en cuenta los costos generados por la realización del proyecto ejecutivo, es decir, por la construcción de cada planta, cuyo monto asciende a la cantidad de \$ 611,193.45 pesos M.N. (más el IVA), por cada una. Así mismo, es necesaria la erogación que se genera por la estabilización y periodo de pruebas de agua tratada para determinar que estas cumplen con las NOMs, cuyo monto es de \$804,726. 40 pesos M.N. (más IVA). En la figura 16, se muestra la imagen de las PTARs propuestas, en esta se pueden observar todos los elementos que conforman dichas unidades de tratamiento, se aprecia que están conformadas por dos contenedores para sedimentar y un tanque de sedimentación, un desarenador para separar los residuos de arena, una caseta de lodos para la eliminación de residuos orgánicos.

Figura 16 Planta Tratadora de Agua Residual para tratamiento primario y secundario



Fuente: Página Oficial del departamento de Tunja. Programa Anticorrupción entregó positivo balance sobre el proceso de construcción del Primer Módulo de la PTAR, recuperado en línea de: <http://www.tunja.gov.co/?idcategoria=8192>

⁵⁶ La tasa aplicable para el cálculo del IVA es de 15%, pues era la tarifa vigente durante el año 2004

Tomando en consideración que los costos por concepto de terrenos no son unitarios, para la determinación del costo total requerido por este concepto, se tiene que definir la localización de cada una de las PTARs.

En ese sentido, la ubicación de las plantas será de la siguiente forma: dos en el parque industrial Finsa, una en Santa Mónica, otra en el parque industrial Saltillo-Ramos Arizpe y las dos restantes dentro del parque Santa maría.

A partir de los supuestos establecidos estamos en posibilidad de calcular el monto total de inversión por concepto de inmuebles, requerido para la implementación del proyecto propuesto, el cual se muestra en la tabla 66.

Tabla 66 Determinación de los costos totales por concepto de inmuebles requeridos para la inversión de seis PTARs en la ZMS, 2003

Determinación de inversión por concepto de inmuebles (Unidad de medida: pesos)					
Ubicación inmueble	Costo unitario	IVA	Subtotal	Unidades	Total
Finsa	\$ 974,417.71	NA	\$ 974,417.71	2	\$ 1,948,835.42
Santa Mónica	\$ 3,056,994.06	NA	\$ 3,056,994.06	1	\$ 3,056,994.06
Santa María	\$ 3,695,147.89	NA	\$ 3,695,147.89	2	\$ 7,390,295.78
Ramos Arizpe	\$ 993,533.31	NA	\$ 993,533.31	1	\$ 993,533.31
Inversión total por concepto de inmuebles					\$ 13,389,658.57

NA: No aplica

Fuente: Elaboración propia, en base a datos tomados de Fomento Económico Sureste de Coahuila, A.C. Costos de terrenos de los parques industriales

Para determinar el monto total de inversión requerida basta multiplicar los costos unitarios descritos en el presente apartado por el número de unidades requeridas (en este caso 6 unidades de tratamiento primario y secundario) y al resultado sumar los costos por concepto de terrenos calculados en la tabla 66.

De tal forma que los costos totales por concepto de inversión quedan conformados como lo desglosa la tabla 67.

Tabla 67 Inversión total para la implementación del proyecto, 2003

Determinación de inversión total PTARs (Unidad de medida: pesos)					
Concepto	Costo unitario	IVA	Subtotal	Unidades	Total
Inmuebles	NA	NA	NA	6	\$ 13,389,658.57
Obra civil y equipamiento electromecánico de la PTAR	\$ 22,165,357.33	\$ 3,324,803.60	\$ 25,490,160.93	6	\$ 152,940,965.58
Realización del Proyecto ejecutivo PTAR	\$ 611,193.45	\$ 91,679.02	\$ 702,872.47	6	\$ 4,217,234.81
Periodo de estabilización y pruebas	\$ 804,726.40	\$ 120,708.96	\$ 925,435.36	6	\$ 5,552,612.16
Inversión total					\$ 176,100,471.11

NA: No aplica

Fuente: Elaboración propia, en base a datos proporcionados por Ingeniería Básica, licitación de la PTARs del municipio de Ramos Arizpe y Fomento Económico Sureste de Coahuila, A.C.

Ahora bien tomando en consideración que la vida útil de las PTARs es de entre 20 y 30 años, sin comprometer la calidad de tratamiento, y que el horizonte del proyecto es de veinte años, sólo será necesaria la inversión inicial.

7.3.2 Estimación de Beneficios

Dentro de la cuantificación de los beneficios, tanto de la alternativa de no implementar el proyecto, como la decisión de llevar a cabo este, consisten en los ahorros generados por la implementación de cada alternativa. Sin embargo en el caso de la alternativa del tratamiento y reciclado del agua, se encontraron además de los beneficios mencionados en el apartado 7.3 diversos beneficios para la Metal-Mecánica que se mencionan, mas no se cuantificaron dentro del análisis económico: existencia de economías de escala (internas y externas), especialización de mano de obra, generación de *spillovers* tecnológicos como consecuencia de la concentración industrial, entre otras.

Con los datos de las tablas 56, 57, 59, 64 y 67, se tienen todos los elementos necesarios para poder llevar al cabo la evaluación del proyecto que se propone en este trabajo.

El objetivo del proyecto es evaluar el impacto económico y financiero que representaría el tratamiento y reciclado de agua en la rama Metal-Mecánica en una zona donde esta es muy limitada y que debido a la sobreexplotación realizada sobre la misma, existe un riesgo inminente de su agotamiento.

Como ya se comentó anteriormente, en el siguiente capítulo se realizará la evaluación del proyecto desde el punto de vista de los criterios de Valor Actual

CAPÍTULO 8 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DEL TRATAMIENTO Y RECICLADO DEL AGUA PARA LA METAL-MECÁNICA EN LA ZONA METROPOLITANA DE SALTILLO

Una vez que han sido determinados los costos y beneficios, ocasionados con la implementación y ausencia del proyecto, en el presente capítulo se llevará a cabo una valoración empírica del proyecto de tratamiento y reciclado del agua dentro de la rama Metal-Mecánica en la ZMS. El capítulo comienza señalando los puntos principales que se abordarán durante el estudio del proyecto, para continuar con la evaluación del mismo.

Para la estimación económica del proyecto se analizan y comparan todos los costos y beneficios que se generen a partir del plan de tratamiento y reciclado del agua residual industrial para determinar mediante la utilización de diversos indicadores, la rentabilidad que este ofrece. En otras palabras, la evaluación económica de proyectos, es un análisis metodológico que nos permite comparar los costos con los beneficios presupuestados dentro de este, a fin de determinar si el proyecto generará una adecuada rentabilidad financiera, y definir con base a los indicadores de rentabilidad, si es conveniente o no la realización del proyecto. Esta puede realizarse bajo dos enfoques o criterios; el primer enfoque sería desde el punto de vista social, llamado análisis social o económico de proyectos; el segundo enfoque, es desde el punto de vista privado, llamado análisis privado o financiero de proyectos, en ese sentido, nos abocaremos a realizar la segunda, es decir, desde el punto de vista de la empresa privada.

Este capítulo se encuentra articulado de la siguiente manera: en primer término abordaremos los criterios de evaluación que se utilizarán para la evaluación económica del proyecto, posteriormente se llevara a cabo el análisis mediante el criterio de VAN, para continuar con la evaluación bajo el criterio de PR, seguida de la evaluación a través de la TIR, así mismo se aborda la evaluación bajo el criterio RBC, para seguir con un análisis de los resultados obtenidos de cada uno de los criterios propuestos. Así mismo, se realizará un

ACB, sobre aspectos no monetarizados dentro del presente estudio, pero que se considera pertinente considerar, cuya información fue obtenida a través de investigación de campo durante el periodo de enero a julio de 2010. Finalmente se determinara la viabilidad o no del proyecto en términos económicos

8.1 Criterios de Evaluación

Los criterios de la evaluación del proyecto se hacen a través del VAN, el PR, la TIR y la RBC, mismos que fueron revisados en el capítulo seis del documento. Por lo cual, en este capítulo se procederá a evaluar el proyecto del impacto económico y financiero de implantar el programa de tratamiento y reciclado de agua en la rama Metal-Mecánica dentro de la ZMS, a través de la tecnología y con las especificaciones descritas en el capítulo anterior.

El primer criterio de evaluación que se aplicará será el de VAN, está se hará mediante la comparación del VAN de las dos alternativas, las cuales tendrán el mismo período de evaluación. La primera alternativa, tomará en cuenta los gastos actuales en los que incurre la Metal-Mecánica referentes al consumo real del agua para sus procesos productivos, los cuales ya fueron obtenidos en el capítulo anterior. La segunda alternativa tomará en cuenta la inversión y los gastos necesarios para la implementación del proyecto en el cual se traten y reciclen a nivel descarga cero el agua industrial, también ya calculados con anterioridad. Si el VAN es mayor que cero se puede aceptar la inversión, si ambas alternativas arrojan resultados mayores a cero, se elegirá aquella que tenga un VAN mayor, en caso de que las alternativas presenten un VAN negativo, la mejor alternativa será aquella cuyo monto sea menor.

El segundo criterio que se utilizará para evaluar el proyecto será el de PR. Para lo anterior se contemplará, la alternativa de tratar y reciclar a nivel descarga cero, el agua utilizada dentro de la industria de estudio. A fin de que este criterio

nos muestre la realidad, la evaluación del proyecto contemplará: i) la inversión por las PTARs; ii) los gastos relacionados con su funcionamiento, y; iii) los ahorros que se generarían respecto al pago de derechos por extracción y descarga de aguas residuales en caso de no tratar el agua.

El tercer criterio que se utilizará para la evaluación del proyecto, será la TIR. Para esto se contemplará la segunda alternativa. En este caso, el proyecto es viable si arroja una TIR superior a la tasa anual de descuento aplicada.

El cuarto criterio de evaluación será el de la RBC, en el cual se analizará la relación que existe entre los Beneficios (medidos en caso como los ahorros), y los costos (la inversión requerida y los costos de operación de las PTAR). La RBC es el cociente que resulta de dividir la sumatoria del valor actualizado de los beneficios entre la sumatoria del valor actualizado de los costos, a una tasa de actualización previamente determinada.

8.2 Evaluación mediante el criterio de Valor Actual Neto

Como ya lo señalamos en el capítulo seis, el criterio de VAN plantea que el proyecto debe aceptarse si su VAN es igual o mayor a cero, donde el VAN es la diferencia entre todos sus beneficios (Ingresos) y costos (egresos) expresados en dinero actual.

Para la evaluación a partir de este criterio, los costos y beneficios que se aplicarán a las alternativas se hará de la siguiente forma; la primera tomará en cuenta los costos anuales derivados del pago de derechos a la federación por extracción de agua por el consumo real del recurso hídrico determinado en la forma prevista en el capítulo anterior, por descarga de residuos y liquidaciones de trabajadores, obtenidos anteriormente en el capítulo que precede, los cuales se en muestran en las tablas 56 y 57. La segunda alternativa se compondrá conforme

a las erogaciones que se produzcan por la inversión requerida, los costos por extracción de agua y los gastos anuales derivados de la implantación del proyecto, también calculados en el capítulo anterior en las tablas 59, 64 y 67.

Para la evaluación de las alternativas con el criterio de VAN, se establecerá un período de vida del proyecto de 21 años.

Por lo que toca a la tasa de descuento, esta será la misma para las dos alternativas. Debido a las características del proyecto, la tasa que se tomará en cuenta será la Tasa Social de Descuento utilizada por el Gobierno Federal durante la elaboración de ACB, que según los lineamientos de la administración federal es una tasa real del 12 por ciento, lo anterior debido a que la literatura al respecto de la aplicación de la tasa de descuento, no es muy vasta, encontrándose que para diversos estudios sobre el agua elaborados por la ONU, se utiliza una tasa de descuento del 3 por ciento, sin embargo de la literatura revisada, se optó por la tasa utilizada por el gobierno federal mexicano, dadas las características del proyecto.

Es de resaltar que los egresos a lo largo de todo el período de evaluación del proyecto se consideran que tendrán un incremento constante de cuatro por ciento. Esto debido a que el comportamiento histórico en México de todas las tasas involucradas en la evaluación financiera de un proyecto (como la inflación, el crecimiento económico, la inversión, etc.) ha sido irregular y, por lo tanto, es difícil proyectar dicho comportamiento en un futuro, por lo cual los incrementos serán constantes.

Por lo tanto, para las alternativas se tendrá: i) El mismo período de evaluación de veintiún años; ii) La misma tasa real para el proyecto del 12 por ciento anual, y; iii) Se contemplarán los costos con un incremento constante de cuatro por ciento anual tomando como base, los valores del primer año.

8.2.1 Primera alternativa: No implementar el Tratamiento y Reciclado de agua

La primera alternativa de la evaluación es la de no implementar el tratamiento y reciclado del agua. Con esto, el costo anual total involucrado por el uso del agua dentro de los procesos productivos dentro de la Metal-Mecánica es el que nos arrojan las tabla 56 y 57, a partir de estas tablas podemos generar la tabla 68 que contiene los costos anuales totales por cada concepto ya descrito a nivel ZMS.

Tabla 68 Determinación de costos totales anuales para la Metal-Mecánica en la zona metropolitana de Saltillo, 2004-2024.

Flujo de efectivo primera alternativa millones de pesos M.N.		
Año	Costos generados por consumo de agua	Costos generados por liquidaciones
0		
1	\$392.60	
2	\$415.31	
3	\$414.24	
4	\$560.55	
5	\$590.86	
6	\$667.14	
7	\$693.82	
8	\$721.58	
9	\$750.44	
10	\$780.46	
11	\$811.68	
12	\$844.14	
13	\$877.91	
14	\$913.02	
15	\$949.55	
16	\$987.53	
17	\$1,027.03	\$1,090.96
18	\$1,068.11	
19	\$1,110.83	
20	\$1,155.27	
21	\$1,201.48	

Fuente: Elaboración Propia. Cálculos realizados en base a los lineamientos previstos por los artículos 434-436 de la Ley Federal del Trabajo y las tarifas previstas por la LFD (2004), con datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua. Así como de los Censos Económicos 2009.

Con esto, el costo anual total involucrado por el uso del agua en los procesos productivos de la Metal-Mecánica, para el año 2004 es de \$392.60 millones de pesos M.N, como se aprecia de dicha tabla

De los costos determinados en la tabla 68, se puede obtener los flujos de efectivo de todo el periodo de análisis para esta alternativa, mostrados en la tabla 69.

Tabla 69 Flujo de efectivo para la primera alternativa

Flujo de efectivo primera alternativa	
Millones de pesos M.N.	
Año	Costos totales
0	
1	-\$392.60
2	-\$415.31
3	-\$414.24
4	-\$560.55
5	-\$590.86
6	-\$667.14
7	-\$693.82
8	-\$721.58
9	-\$750.44
10	-\$780.46
11	-\$811.68
12	-\$844.14
13	-\$877.91
14	-\$913.02
15	-\$949.55
16	-\$987.53
17	-\$2,117.99
18	-\$1,068.11
19	-\$1,110.83
20	-\$1,155.27
21	-\$1,201.48

Fuente: Elaboración propia. Cálculos realizados en base a los lineamientos previstos por los artículos 434-436 de la Ley Federal del Trabajo y las tarifas previstas por la LFD (2004), con datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua. Así como de los Censos Económicos 2009.

Para determinar el valor actual⁵⁷ para cada uno de los flujos programados para el proyecto, se aplica la tasa de descuento establecida anteriormente para esta alternativa a los valores determinados en la tabla 69, esta aplicación se muestra en la tabla 70.

Tabla 70 Valor Actual de los flujos de la primera alternativa

Millones de pesos M.N.			
Año	Tasa	Costos de la primera alternativa	Valor Actual
0	12%		
1	12%	-\$392.60	-\$350.54
2	12%	-\$415.31	-\$331.08
3	12%	-\$414.24	-\$294.85
4	12%	-\$560.55	-\$356.24
5	12%	-\$590.86	-\$335.27
6	12%	-\$667.14	-\$337.99
7	12%	-\$693.82	-\$313.85
8	12%	-\$721.58	-\$291.43
9	12%	-\$750.44	-\$270.62
10	12%	-\$780.46	-\$251.29
11	12%	-\$811.68	-\$233.34
12	12%	-\$844.14	-\$216.67
13	12%	-\$877.91	-\$201.19
14	12%	-\$913.02	-\$186.82
15	12%	-\$949.55	-\$173.48
16	12%	-\$987.53	-\$161.09
17	12%	-\$2,117.99	-\$308.47
18	12%	-\$1,068.11	-\$138.90
19	12%	-\$1,110.83	-\$128.98
20	12%	-\$1,155.27	-\$119.76
21	12%	-\$1,201.48	-\$111.21

Fuente: Elaboración propia. Cálculos realizados en base a los lineamientos previstos por los artículos 434-436 de la Ley Federal del Trabajo y las tarifas previstas por la LFD (2004), con datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua. Así como de los Censos Económicos 2009.

⁵⁷ Recordar que el VAN se calcula de la siguiente manera: $VAN = \frac{VF}{(1+r)^t}$ Donde: VF es el valor futuro; r es la tasa anual de descuento; y t es el tiempo (año) a partir del inicio de la inversión.

A partir de la tabla 70, se puede obtener el Valor Actual Neto de la primera alternativa, como se puede observar en la tabla 71.

Tabla 71 Valor Actual Neto de la Primera Alternativa

Millones de pesos M.N.				
Año	Tasa	Costos totales generados por esta alternativa	Valor Actual	VAN
0	12%		\$0.00	-\$5,113.07
1	12%	-\$392.60	-\$350.54	
2	12%	-\$415.31	-\$331.08	
3	12%	-\$414.24	-\$294.85	
4	12%	-\$560.55	-\$356.24	
5	12%	-\$590.86	-\$335.27	
6	12%	-\$667.14	-\$337.99	
7	12%	-\$693.82	-\$313.85	
8	12%	-\$721.58	-\$291.43	
9	12%	-\$750.44	-\$270.62	
10	12%	-\$780.46	-\$251.29	
11	12%	-\$811.68	-\$233.34	
12	12%	-\$844.14	-\$216.67	
13	12%	-\$877.91	-\$201.19	
14	12%	-\$913.02	-\$186.82	
15	12%	-\$949.55	-\$173.48	
16	12%	-\$987.53	-\$161.09	
17	12%	-\$2,117.99	-\$308.47	
18	12%	-\$1,068.11	-\$138.90	
19	12%	-\$1,110.83	-\$128.98	
20	12%	-\$1,155.27	-\$119.76	
21	12%	-\$1,201.48	-\$111.21	

Fuente: Elaboración propia. Cálculos realizados en base a los lineamientos previstos por los artículos 434-436 de la Ley Federal del Trabajo y las tarifas previstas por la LFD (2004), con datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua. Así como de los Censos Económicos 2009.

8.1.2 Segunda alternativa: Implementación de tratamiento y reciclado de agua industrial

La segunda alternativa de la evaluación es la implementación del proyecto de tratamiento y reciclado de aguas residuales industriales dentro de la rama Metal-Mecánica en la ZMS. Para determinar los costos totales anuales en los que incurre la Metal-Mecánica al implementar esta alternativa, tomamos los costos mostrados en la tabla 59 que se refieren al consumo de agua para los procesos productivos, más los costos por concepto de funcionamiento y mantenimiento de las PTARs mostrados en la tabla 64. Además de la inversión prevista en la tabla 66, que se determinan en la tabla 72.

Tabla 72 Determinación de costos totales anuales para la Metal-Mecánica en la zona metropolitana de Saltillo, segunda alternativa 2003-2024

Año	Millones de pesos M.N.			
	Costos por extracción de agua	Costos totales PTARs	Inversión PTARs	Costos totales
2003			\$176.10	\$176.10
2004	\$73.76	\$30.53		\$104.29
2005	\$78.85	\$31.75		\$110.60
2006	\$84.79	\$33.02		\$117.81
2007	\$91.36	\$34.34		\$125.70
2008	\$97.42	\$35.71		\$133.13
2009	\$103.82	\$37.14		\$140.96
2010	\$107.97	\$38.63		\$146.60
2011	\$112.29	\$40.17		\$152.46
2012	\$116.78	\$41.78		\$158.56
2013	\$121.45	\$43.45		\$164.90
2014	\$126.31	\$45.19		\$171.50
2015	\$131.36	\$47.00		\$178.36
2016	\$136.62	\$48.88		\$185.49
2017	\$142.08	\$50.83		\$192.91
2018	\$147.76	\$52.86		\$200.63
2019	\$153.67	\$54.98		\$208.65
2020	\$159.82	\$57.18		\$217.00
2021	\$166.21	\$59.47		\$225.68
2022	\$172.86	\$61.84		\$234.71
2023	\$179.78	\$64.32		\$244.10
2024	\$186.97	\$66.89		\$253.86

Fuente: Elaboración propia. Cálculos realizados en base a las tarifas previstas por la LFD (2004), con datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua. Así como de los Censos Económicos 2009.

Con el Costo Anual Total de la tabla 72, se genera el flujo de efectivo para esta segunda alternativa, referente al uso del agua en los procesos productivos, funcionamiento y mantenimiento de las PTARs, en esta tabla se determina el flujo de efectivo para esta alternativa, mostrado en la tabla 73. Es importante recordar que el primer flujo de efectivo del proyecto se considera al finalizar el primer período, por lo que en el momento cero, que es el momento en el que inicia el período de la evaluación el único valor es el de la inversión inicial.

Tabla 73 Flujo de efectivo para la segunda alternativa

Año	Costos totales segunda alternativa Millones de pesos M.N.
0	-\$176.10
1	-\$104.29
2	-\$110.60
3	-\$117.81
4	-\$125.70
5	-\$133.13
6	-\$140.96
7	-\$146.60
8	-\$152.46
9	-\$158.56
10	-\$164.90
11	-\$171.50
12	-\$178.36
13	-\$185.49
14	-\$192.91
15	-\$200.63
16	-\$208.65
17	-\$217.00
18	-\$225.68
19	-\$234.71
20	-\$244.10
21	-\$253.86

Fuente: Elaboración propia. Cálculos realizados en base a las tarifas previstas por la LFD (2004), con datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua. Así como de los Censos Económicos 2009.

Para obtener el valor actual de los flujos para esta alternativa, se aplica a los valores de la tabla 73 la tasa anteriormente establecida para esta alternativa que es del 12% de interés real, mostrados en la tabla 74.

Tabla 74 Valor Actual de los flujos de la segunda alternativa

Año	Tasa	Millones de pesos M.N.	
		Costos de la segunda alternativa	Valor Actual
0	12%	-\$176.10	-\$176.10
1	12%	-\$104.29	-\$93.12
2	12%	-\$110.60	-\$88.17
3	12%	-\$117.81	-\$83.85
4	12%	-\$125.70	-\$79.88
5	12%	-\$133.13	-\$75.54
6	12%	-\$140.96	-\$71.41
7	12%	-\$146.60	-\$66.31
8	12%	-\$152.46	-\$61.58
9	12%	-\$158.56	-\$57.18
10	12%	-\$164.90	-\$53.09
11	12%	-\$171.50	-\$49.30
12	12%	-\$178.36	-\$45.78
13	12%	-\$185.49	-\$42.51
14	12%	-\$192.91	-\$39.47
15	12%	-\$200.63	-\$36.65
16	12%	-\$208.65	-\$34.04
17	12%	-\$217.00	-\$31.60
18	12%	-\$225.68	-\$29.35
19	12%	-\$234.71	-\$27.25
20	12%	-\$244.10	-\$25.30
21	12%	-\$253.86	-\$23.50

Fuente: Elaboración propia. Cálculos realizados en base a las tarifas previstas por la LFD (2004), con datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua. Así como de los Censos Económicos 2009.

Ahora bien, de igual forma que se realizó en el apartado anterior, para la obtención del VAN de la primera alternativa, a partir de los resultados de la tabla 74 se puede obtener el VAN de la segunda alternativa, dicho valor se observa en la tabla 75

Tabla 75 Valor Actual Neto de la Segunda Alternativa. Unidad de medida: millones de pesos M.N.

Año	Tasa	Costos totales generados por esta alternativa	Valor Actual	VAN
0	12%	-\$176.10	-\$176.10	-\$1,291.01
1	12%	-\$104.29	-\$93.12	
2	12%	-\$110.60	-\$88.17	
3	12%	-\$117.81	-\$83.85	
4	12%	-\$125.70	-\$79.88	
5	12%	-\$133.13	-\$75.54	
6	12%	-\$140.96	-\$71.41	
7	12%	-\$146.60	-\$66.31	
8	12%	-\$152.46	-\$61.58	
9	12%	-\$158.56	-\$57.18	
10	12%	-\$164.90	-\$53.09	
11	12%	-\$171.50	-\$49.30	
12	12%	-\$178.36	-\$45.78	
13	12%	-\$185.49	-\$42.51	
14	12%	-\$192.91	-\$39.47	
15	12%	-\$200.63	-\$36.65	
16	12%	-\$208.65	-\$34.04	
17	12%	-\$217.00	-\$31.60	
18	12%	-\$225.68	-\$29.35	
19	12%	-\$234.71	-\$27.25	
20	12%	-\$244.10	-\$25.30	
21	12%	-\$253.86	-\$23.50	

Fuente: Elaboración propia. Cálculos realizados en base a las tarifas previstas por la LFD (2004), con datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua. Así como de los Censos Económicos 2009.

Es importante resaltar, que después del tratamiento de agua, quedan residuos equivalentes al 3 por ciento, cuyo monto de confinamiento no se calculó, esto debido a que la información proporcionada por la CNA (2010c; 2010d) no distingue entre residuos sólidos y disueltos, y como ya se menciona con anterioridad, los residuos disueltos, pueden ser vendidos para la elaboración de compost o fertilizantes, y para los residuos sólidos que son contaminantes, se puede pagar por su confinamiento, sin embargo las tarifas aplicables no fueron proporcionadas, y de la revisión que se realizó de la LFD (2004) no se encontró dispositivo legal aplicable, por lo anterior solo se hace mención de esta situación. En el mismo caso sucede con los inmuebles en los cuales se construyen las PTARs, ya que su costo de regeneración es desconocido, pues se tienen que realizar una serie de estudios ambientales, para determinar los procesos y tarifas de saneamiento.

8.3 Evaluación mediante el criterio de Periodo de Recuperación

El periodo de recuperación de la inversión, es el segundo criterio de evaluación del proyecto, que como se señaló en el capítulo seis, este consiste en determinar el número de periodos necesarios para recuperar la inversión inicial, una vez determinado el periodo de recuperación, se compara con el número de periodos aceptable por el dueño del proyecto (en este caso, para efectos del análisis los determinaremos nosotros).

En ese sentido, el número de períodos que se impondrá como aceptable es de 10 años. Se resalta que en virtud de que para la evaluación de algún proyecto mediante este criterio es necesario hacer una inversión para determinar su periodo de recuperación, solo se puede evaluar con este a una sola alternativa; por lo tanto la alternativa que se contemplará para evaluar el proyecto será la de la implementación del tratamiento y reciclado del agua por parte de la Metal-Mecánica dentro de sus procesos productivos en la ZMS. Ahora bien, la

evaluación del proyecto contemplará: i) la inversión por la construcción de las PTARs; ii) los gastos relacionados con su funcionamiento, y; iii) los ahorros que se generarían respecto al gasto generado por la falta de tratamiento y reciclado.

Para la determinación del flujo de efectivo contemplado para la evaluación del proyecto a través del Período de Recuperación, en primer término se determinan los ahorros generados por el tratamiento de agua (traducidos en la reducción de costos por extracción, pago por descarga de pH y metales pesados de los volúmenes de agua tratados), los cuales se muestran en la tabla 76.

Tabla 76 Ahorros por tratamiento y reciclado de agua por parte de la Metal-Mecánica en la ZMS, 2004-2024

Año	Millones de pesos M.N.				Total
	Derechos extracción	Permiso descarga	Derechos descarga pH	Derechos descarga metales	
1	46.07	0.07	42.87	61.97	150.98
2	47.91	0.08	44.58	64.45	157.02
3	41.65	0.08	38.76	56.03	136.51
4	79.75	0.08	74.20	107.27	261.30
5	82.94	0.08	77.17	111.56	271.75
6	95.45	0.09	88.81	128.39	312.75
7	99.27	0.09	92.37	133.53	325.26
8	103.24	0.10	96.06	138.87	338.27
9	107.37	0.10	99.90	144.42	351.80
10	111.66	0.10	103.90	150.20	365.87
11	116.13	0.11	108.06	156.21	380.50
12	120.78	0.11	112.38	162.46	395.72
13	125.61	0.12	116.87	168.95	411.55
14	130.63	0.12	121.55	175.71	428.01
15	135.86	0.13	126.41	182.74	445.13
16	141.29	0.13	131.47	190.05	462.94
17	146.94	0.14	136.73	197.65	481.46
18	152.82	0.14	142.20	205.56	500.72
19	158.93	0.15	147.88	213.78	520.74
20	165.29	0.15	153.80	222.33	541.57
21	171.90	0.16	159.95	231.23	563.24

Fuente: Elaboración propia. Cálculos realizados en base a las tarifas previstas por la LFD (2004), con datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua. Así como de los Censos Económicos 2009.

Posteriormente, se hace la combinación de los flujos mostrados en las tablas 73 y 76, obteniendo así el flujo de efectivo neto del proyecto para el Período de Recuperación, el cual se observa en la tabla 77.

Tabla 77 Flujo de efectivo para la evaluación mediante el Período de Recuperación. Unidad de medida: millones de pesos M.N.

Año	Costos totales tratamiento agua	Ahorros por tratamiento de agua	Ahorros por totales por tratamiento de agua
0	-\$176.10	\$0.00	-\$176.10
1	-\$104.29	150.98	\$46.69
2	-\$110.60	157.02	\$46.42
3	-\$117.81	136.51	\$18.70
4	-\$125.70	261.30	\$135.60
5	-\$133.13	271.75	\$138.62
6	-\$140.96	312.75	\$171.79
7	-\$146.60	325.26	\$178.66
8	-\$152.46	338.27	\$185.81
9	-\$158.56	351.80	\$193.24
10	-\$164.90	365.87	\$200.97
11	-\$171.50	380.50	\$209.00
12	-\$178.36	395.72	\$217.36
13	-\$185.49	411.55	\$226.06
14	-\$192.91	428.01	\$235.10
15	-\$200.63	445.13	\$244.50
16	-\$208.65	462.94	\$254.29
17	-\$217.00	481.46	\$264.46
18	-\$225.68	500.72	\$275.04
19	-\$234.71	520.74	\$286.03
20	-\$244.10	541.57	\$297.47
21	-\$253.86	563.24	\$309.38

Fuente: Elaboración propia. Cálculos realizados en base a las tarifas previstas por la LFD (2004), con datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua. Así como de los Censos Económicos 2009.

Para obtener el Valor Actual de los flujos de efectivo para esta evaluación, se aplica el valor de la tasa anteriormente establecida a la tabla 76, mismo que se muestra en la tabla 78.

Tabla 78 Valor Actual de los flujos del proyecto para obtener el Periodo de Recuperación

Año	Millones de pesos M.N.		
			Valor Actual
0	12%	-\$176.10	-\$176.10
1	12%	\$46.69	\$41.69
2	12%	\$46.42	\$37.01
3	12%	\$18.70	\$13.31
4	12%	\$135.60	\$86.18
5	12%	\$138.62	\$78.66
6	12%	\$171.79	\$87.03
7	12%	\$178.66	\$80.82
8	12%	\$185.81	\$75.05
9	12%	\$193.24	\$69.68
10	12%	\$200.97	\$64.71
11	12%	\$209.00	\$60.08
12	12%	\$217.36	\$55.79
13	12%	\$226.06	\$51.81
14	12%	\$235.10	\$48.11
15	12%	\$244.50	\$44.67
16	12%	\$254.29	\$41.48
17	12%	\$264.46	\$38.52
18	12%	\$275.04	\$35.77
19	12%	\$286.03	\$33.21
20	12%	\$297.47	\$30.84
21	12%	\$309.38	\$28.64

Fuente: Elaboración propia. Cálculos realizados en base a las tarifas previstas por la LFD (2004), con datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua. Así como de los Censos Económicos 2009.

Con los resultados de la tabla 78, se puede determinar el periodo de recuperación de la inversión, en la tabla 79 se muestra el periodo de recuperación de esta alternativa.

Tabla 79 Período de Recuperación del proyecto. Unidad de medida

Millones de Pesos M.N.				
Año	Tasa	Ahorros por totales por tratamiento de agua	Valor Actual	Periodo de Recuperación
0	12%	-\$176.10	-\$176.10	-\$176.10
1	12%	\$46.69	\$41.69	-\$134.41
2	12%	\$46.42	\$37.01	-\$97.41
3	12%	\$18.70	\$13.31	-\$84.10
4	12%	\$135.60	\$86.18	\$2.08
5	12%	\$138.62	\$78.66	\$80.74
6	12%	\$171.79	\$87.03	\$167.77
7	12%	\$178.66	\$80.82	\$248.59
8	12%	\$185.81	\$75.05	\$323.63
9	12%	\$193.24	\$69.68	\$393.32
10	12%	\$200.97	\$64.71	\$458.02
11	12%	\$209.00	\$60.08	\$518.11
12	12%	\$217.36	\$55.79	\$573.90
13	12%	\$226.06	\$51.81	\$625.70
14	12%	\$235.10	\$48.11	\$673.81
15	12%	\$244.50	\$44.67	\$718.48
16	12%	\$254.29	\$41.48	\$759.96
17	12%	\$264.46	\$38.52	\$798.48
18	12%	\$275.04	\$35.77	\$834.24
19	12%	\$286.03	\$33.21	\$867.45
20	12%	\$297.47	\$30.84	\$898.29
21	12%	\$309.38	\$28.64	\$926.93

Fuente: Elaboración propia. Cálculos realizados en base a las tarifas previstas por la LFD (2004), con datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua. Así como de los Censos Económicos 2009.

8.4 Evaluación mediante la Tasa Interna de Retorno

Como ya previamente se definió la TIR, es aquella que hace cero el VAN, en ese sentido para el criterio de análisis, si la TIR es superior a la tasa de descuento aplicada al proyecto, desde la perspectiva de la empresa se debe aceptar la inversión. Por lo que hace a la TIR, los cálculos, se muestran en el anexo 15, en la tabla 80 se muestran el VAN y la TIR, que se determinaron tomando en consideración tanto los beneficios fiscales que otorga el gobierno federal por el tratamiento y reciclado del agua, pues es un programa orientado a la preservación y conservación del recurso hídrico, como los impuestos correspondientes.

Tabla 80 Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno de la implementación del Tratamiento y reciclado del agua residual industrial en la ZMS, 2004-2024

Indicadores económicos	
VAN (12%)	\$1,094.32 millones de pesos M.N
TIR	78.9%

Fuente: Elaboración Propia. Cálculos realizados en base a las tarifas previstas por la LFD (2004), con datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua. Así como de los Censos Económicos 2009. Así mismo se aplicaron las tasas y beneficios fiscales vigentes por el tratamiento y reciclado del agua que prevé el artículo 41 fracción XVI de la Ley del Impuesto Sobre la Renta, por lo que hace al Impuesto al Activo, se aplico una tasa del 1.25 por ciento hasta el año 2007, por derogación de esta ley.

8.5 Evaluación mediante el Relación Beneficio/costo

El último criterio de evaluación que se aplicará a este proyecto será el de la RBC, este se realizará de dos maneras; la primera analizará la relación que existe entre los Beneficios (ahorros en consumos de agua, beneficios fiscales por el tratamiento del agua y depreciación de inmuebles) y los costos, que son la inversión requerida y los costos por funcionamiento y mantenimiento, y la segunda

que se enfocara en la relación entre los beneficios derivados de los ahorros por tratamiento de agua y los costos por inversión, mantenimiento y funcionamiento de las PTARs, sin tomar en consideración los aspectos fiscales.

El período en el cual se hará la evaluación bajo este criterio será el mismo que el de los dos criterios anteriores, es decir veintiún años.

8.5.1 Análisis Beneficio/Costo tomado en consideración disposiciones fiscales

Para la evaluación en donde se consideran las leyes fiscales, para el cálculo de los beneficios, atenderemos lo previsto por las diversas disposiciones legales aplicables en materia tributaria, a saber la Ley del Impuesto al Activo (LIA) y la Ley del Impuesto Sobre la Renta (LISR), por lo que hace a la depreciación del inmueble, esta se realizó para efectos estrictamente impositivos.

Para la depreciación de las PTARs y los equipos, se utilizó el método de línea recta de 20 años para las edificaciones y 30 para los equipos. La depreciación en caso de los terrenos se inicia a partir del año uno, ya que el modelo no es sensible a la fecha de entrada de los activos.

En el caso de las PTARs y su maquinaria estas se deprecian al 100 por ciento en el primer año por el beneficio establecido en el artículo 41 fracción XVI de la LISR, por lo que hace al Impuesto al Activo, este era del 1.25 por ciento, sin embargo este fue derogado en el año 2008, por el Impuesto Empresarial Tasa Única (IETU), por lo tanto solo se aplicara dentro del periodo de vigencia.

A partir de los supuestos ya señalados, el flujo de efectivo que se tomará en cuenta para evaluar este proyecto con el criterio de la RBC se observa en la tabla 80, en donde los beneficios son los ahorros generados por los costos de extracción de agua para los procesos productivos, las depreciaciones fiscales

respecto de las PTARs y del inmueble que establece la LISR y los costos para la RBC serán los costos de inversión para la implementación de las PTARs, sus costos de mantenimiento y los impuestos aplicables (Impuesto al Activo hasta el año 2007). En ese sentido de acuerdo a la construcción de los costos y beneficios ya señalada, en la tabla 81, mostramos los flujos de caja para la evaluación del proyecto mediante este criterio.

Tabla 81 Determinación de costos totales anuales para la Metal-Mecánica en la zona metropolitana de Saltillo, por el tratamiento y reciclado del agua industrial tomando en consideración los beneficios y cargas fiscales aplicables, 2003-2024. Unidad de medida: millones de pesos

Año	Costos totales tratamiento agua	Ahorros por tratamiento de agua	D. PTAR	D. Inmueble	IA	Ahorros por totales por tratamiento de agua
0	-\$176.10	\$0.00				-\$176.10
1	-\$104.29	150.98	\$176.10	0.6695	-\$0.17	\$223.29
2	-\$110.60	157.02		0.6695	-\$0.16	\$46.93
3	-\$117.81	136.51		0.6695	-\$0.15	\$19.22
4	-\$125.70	261.30		0.6695	-\$0.14	\$136.13
5	-\$133.13	271.75		0.6695		\$139.29
6	-\$140.96	312.75		0.6695		\$172.46
7	-\$146.60	325.26		0.6695		\$179.33
8	-\$152.46	338.27		0.6695		\$186.48
9	-\$158.56	351.80		0.6695		\$193.91
10	-\$164.90	365.87		0.6695		\$201.64
11	-\$171.50	380.50		0.6695		\$209.67
12	-\$178.36	395.72		0.6695		\$218.03
13	-\$185.49	411.55		0.6695		\$226.73
14	-\$192.91	428.01		0.6695		\$235.77
15	-\$200.63	445.13		0.6695		\$245.17
16	-\$208.65	462.94		0.6695		\$254.96
17	-\$217.00	481.46		0.6695		\$265.13
18	-\$225.68	500.72		0.6695		\$275.71
19	-\$234.71	520.74		0.6695		\$286.70
20	-\$244.10	541.57		0.6695		\$298.14
21	-\$253.86	563.24				\$309.38

Fuente: Elaboración Propia. Cálculos realizados en base a las tarifas previstas por la LFD (2004), con datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua. Así como de los Censos Económicos 2009. Así mismo se aplicaron las tasas y beneficios fiscales vigentes por el tratamiento y reciclado del agua que prevé el artículo 41 fracción XVI de la Ley del Impuesto Sobre la Renta, por lo que hace al Impuesto al Activo, se aplico una tasa del 1.25 por ciento hasta el año 2007, por derogación de esta ley.

A partir de la tabla anterior, aplicando la tasa de descuentos previamente establecida, obtenemos los flujos de efectivo a valor actual, mismos que se muestran en la tabla 82.

Tabla 82 Flujo de efectivo actuales para la evaluación RBC, tomando en consideración estímulos y cargas fiscales.

Millones de pesos M.N.					
Año	Tasa	Costos totales	Valor Actual Costos	Ahorros por totales por tratamiento de agua	Valor Actual
0	12%	-\$176.10	-\$176.10	\$0.00	\$0.00
1	12%	-\$104.46	-\$93.27	\$327.75	\$292.63
2	12%	-\$110.76	-\$88.30	\$157.69	\$125.71
3	12%	-\$117.96	-\$83.96	\$137.18	\$97.64
4	12%	-\$125.84	-\$79.98	\$261.97	\$166.49
5	12%	-\$133.13	-\$75.54	\$272.42	\$154.58
6	12%	-\$140.96	-\$71.41	\$313.42	\$158.79
7	12%	-\$146.60	-\$66.31	\$325.93	\$147.43
8	12%	-\$152.46	-\$61.58	\$338.94	\$136.89
9	12%	-\$158.56	-\$57.18	\$352.47	\$127.10
10	12%	-\$164.90	-\$53.09	\$366.54	\$118.02
11	12%	-\$171.50	-\$49.30	\$381.17	\$109.58
12	12%	-\$178.36	-\$45.78	\$396.39	\$101.74
13	12%	-\$185.49	-\$42.51	\$412.22	\$94.47
14	12%	-\$192.91	-\$39.47	\$428.68	\$87.72
15	12%	-\$200.63	-\$36.65	\$445.80	\$81.45
16	12%	-\$208.65	-\$34.04	\$463.61	\$75.62
17	12%	-\$217.00	-\$31.60	\$482.13	\$70.22
18	12%	-\$225.68	-\$29.35	\$501.39	\$65.20
19	12%	-\$234.71	-\$27.25	\$521.41	\$60.54
20	12%	-\$244.10	-\$25.31	\$542.24	\$56.21
21	12%	-\$253.86	-\$23.50	\$563.24	\$52.13

Fuente: Elaboración Propia. Cálculos realizados en base a las tarifas previstas por la LFD (2004), con datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua. Así como de los Censos Económicos 2009. Así mismo se aplicaron las tasas y beneficios fiscales vigentes por el tratamiento y reciclado del agua que prevé el artículo 41 fracción XVI de la Ley del Impuesto Sobre la Renta, por lo que hace al Impuesto al Activo, se aplico una tasa del 1.25 por ciento hasta el año 2007, por derogación de esta ley.

A partir de la tabla 82, podemos mostrar la relación Beneficio/Costo para hacer este análisis mostrada en la tabla 83.

Tabla 83 Razón Beneficio/Costo del proyecto considerando legislación fiscal

Año	Tasa	Millones de pesos M.N.				Relación B/C
		Costos generados	Valor Actual	Ahorros por tratamiento de agua	Valor Actual	
0	12%	-\$176.10	-\$176.10	\$0.00	\$0.00	\$1.84
1	12%	-\$104.46	-\$93.27	\$327.75	\$292.63	
2	12%	-\$110.76	-\$88.30	\$157.69	\$125.71	
3	12%	-\$117.96	-\$83.96	\$137.18	\$97.64	
4	12%	-\$125.84	-\$79.98	\$261.97	\$166.49	
5	12%	-\$133.13	-\$75.54	\$272.42	\$154.58	
6	12%	-\$140.96	-\$71.41	\$313.42	\$158.79	
7	12%	-\$146.60	-\$66.31	\$325.93	\$147.43	
8	12%	-\$152.46	-\$61.58	\$338.94	\$136.89	
9	12%	-\$158.56	-\$57.18	\$352.47	\$127.10	
10	12%	-\$164.90	-\$53.09	\$366.54	\$118.02	
11	12%	-\$171.50	-\$49.30	\$381.17	\$109.58	
12	12%	-\$178.36	-\$45.78	\$396.39	\$101.74	
13	12%	-\$185.49	-\$42.51	\$412.22	\$94.47	
14	12%	-\$192.91	-\$39.47	\$428.68	\$87.72	
15	12%	-\$200.63	-\$36.65	\$445.80	\$81.45	
16	12%	-\$208.65	-\$34.04	\$463.61	\$75.62	
17	12%	-\$217.00	-\$31.60	\$482.13	\$70.22	
18	12%	-\$225.68	-\$29.35	\$501.39	\$65.20	
19	12%	-\$234.71	-\$27.25	\$521.41	\$60.54	
20	12%	-\$244.10	-\$25.31	\$542.24	\$56.21	
21	12%	-\$253.86	-\$23.50	\$563.24	\$52.13	
Totales VAN			-\$1,291.48		\$2,380.16	

Fuente: Elaboración Propia. Cálculos realizados en base a las tarifas previstas por la LFD (2004), con datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua. Así como de los Censos Económicos 2009. Así mismo se aplicaron las tasas y beneficios fiscales vigentes por el tratamiento y reciclado del agua que prevé el artículo 41 fracción XVI de la Ley del Impuesto Sobre la Renta, por lo que hace al Impuesto al Activo, se aplico una tasa del 1.25 por ciento hasta el año 2007, por derogación de esta ley.

8.5.2 Análisis Beneficio/Costo sin considerar disposiciones fiscales

Como ya se menciono para la realización de esta evaluación, no se tomarán en consideración los estímulos e impuesto fiscales aplicables a las PTARs, por lo cual a partir de la tabla 77, podemos derivar la ratio Beneficio/Costo la cual se muestra en la tabla 84.

Tabla 84 Razón Beneficio/Costo del proyecto sin considerar legislación fiscal

Año	Tasa	Millones de pesos M.N.				Relación B/C
		Costos generados	Valor Actual	Ahorros por tratamiento de agua	Valor Actual	
0	12%	-\$176.10	-\$176.10	\$0.00	\$0.00	\$1.72
1	12%	-\$104.46	-\$93.27	150.98	\$134.80	
2	12%	-\$110.76	-\$88.30	157.02	\$125.18	
3	12%	-\$117.96	-\$83.96	136.51	\$97.17	
4	12%	-\$125.84	-\$79.97	261.30	\$166.06	
5	12%	-\$133.13	-\$75.54	271.75	\$154.20	
6	12%	-\$140.96	-\$71.41	312.75	\$158.45	
7	12%	-\$146.60	-\$66.31	325.26	\$147.13	
8	12%	-\$152.46	-\$61.58	338.27	\$136.62	
9	12%	-\$158.56	-\$57.18	351.80	\$126.86	
10	12%	-\$164.90	-\$53.09	365.87	\$117.80	
11	12%	-\$171.50	-\$49.30	380.50	\$109.38	
12	12%	-\$178.36	-\$45.78	395.72	\$101.57	
13	12%	-\$185.49	-\$42.51	411.55	\$94.32	
14	12%	-\$192.91	-\$39.47	428.01	\$87.58	
15	12%	-\$200.63	-\$36.65	445.13	\$81.32	
16	12%	-\$208.65	-\$34.04	462.94	\$75.52	
17	12%	-\$217.00	-\$31.60	481.46	\$70.12	
18	12%	-\$225.68	-\$29.35	500.72	\$65.11	
19	12%	-\$234.71	-\$27.25	520.74	\$60.46	
20	12%	-\$244.10	-\$25.31	541.57	\$56.14	
21	12%	-\$253.86	-\$23.50	563.24	\$52.13	
Total VAN			-\$1,291.48		\$2,217.93	

Fuente: Elaboración Propia. Cálculos realizados en base a las tarifas previstas por la LFD (2004), con datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua. Así como de los Censos Económicos 2009.

8.6 Interpretación de Resultados

En este apartado, analizaremos los resultados que arrojaron los diversos métodos de valoración económica que se realizaron para la evaluación del proyecto. Dicho análisis servirá para hacer una adecuada interpretación de los valores que resultaron de cada uno de los criterios con los que se evaluó el proyecto.

En esta sección se ofrecerán tres análisis que corresponden a los resultados que arrojó la evaluación del proyecto con los criterios del Valor Presente Neto, el Período de Recuperación, la Tasa Interna de Retorno y la Razón Beneficio/Costo.

8.6.1 Interpretación de la evaluación a través del Valor Actual Neto

La evaluación del proyecto con el VAN se aplicó a ambas alternativas; la primera alternativa consideraba el consumo real de agua por parte de la Metal-Mecánica, es decir la demanda de agua reportada a la CNA y los volúmenes de agua tratada; la segunda alternativa consistió en considerar la implementación del tratamiento y reciclado del agua. Notando que para este criterio, sólo se consideraron los costos generados.

Para la primera alternativa se obtuvo un VAN de **-\$5,113.07** millones de pesos M.N., como se puede observar en la tabla 71; esto nos indica que los costos totales por el uso de agua dentro de los procesos productivos de la industria Metal-Mecánica, sin la implementación del proyecto, serían de \$5,113.07 millones de pesos M.N., distribuidos a lo largo de veintiún años.

En lo que toca a la alternativa de tratamiento y reciclado del agua se obtuvo un VAN de **-\$1,291.01** millones de pesos M.N., según los resultados de la tabla 75, que nos dice que durante el periodo de veintiún años, en caso de que la industria opte por tratar y reciclar el agua para sus procesos productivos, los costos

por extracción de agua, sería el equivalente a \$1,291.01 millones de pesos M.N. a valor presente.

Sabiendo que el VAN, representa el valor actual de todos los flujos del futuro, tomando en cuenta el valor del dinero en el tiempo. Por lo tanto, se tienen dos alternativas con el mismo período de evaluación, que es de veinte años y con la misma tasa de descuento, que es la utilizada por la administración federal para la elaboración de ACB, esto nos permite hacer una comparación del VAN de cada una de las alternativas y hacer una comparación directa entre sus resultados.

En caso de no implantar el tratamiento y reciclado del agua industrial, los gastos totales fueron de \$5,113.07 millones de pesos M.N., y para el caso de que se optara por la implementación del proyecto, los gastos totales ascienden a \$1,291.01 millones de pesos M.N.

Tomando en cuenta que los dos valores corresponden a gastos que la industria debe realizar durante el periodo de veintiún años, de los resultados obtenidos, se observa que el monto de la segunda alternativa es menor al monto de la primera.

Esto significa que el tratamiento y reciclado de agua industrial residual es más atractiva que no tratar el agua, esto debido a en caso de implantar el proyecto, la industria gastará menos, dentro de un periodo de veintiún años, por la extracción de agua para los procesos productivos.

En virtud de lo anterior, considerando el VAN como un criterio de evaluación, la decisión que se debe tomar es la de elegir la segunda alternativa, que consiste en el tratamiento y reciclado del agua dentro de los procesos productivos de la industria Metal-Mecánica.

8.6.2 Interpretación mediante el Período de Recuperación

Como ya se ha mencionado anteriormente, el Período de Recuperación no es más que saber el tiempo en el cual el dueño del proyecto recuperará la inversión requerida para llevar al cabo dicho proyecto.

El Período de Recuperación con el cual se evalúa un proyecto es impuesto por el dueño del proyecto y éste, está en función del tiempo que está dispuesto el dueño de dicho proyecto a mantener saldos negativos en los flujos de efectivo del proyecto. Para este caso, se determinó que el PR sería de diez años.

De acuerdo con los resultados de la tabla 79, el Período de Recuperación del proyecto propuesto en este trabajo es cuatro años, esto significa que para el cuarto año, gracias a los ahorros en los costos que generarían las PTARs, la industria ya habrá recuperado la inversión requerida para llevar la implementación del tratamiento y reciclado del agua.

Respecto de este análisis es pertinente resaltar, que para la evaluación, no se consideraron los estímulos y cargas fiscales que en México existen en materia tributaria, en específico, las subvenciones por la implantación de programas tendientes a la conservación del medio ambiente que establece la LISR, que señala que las PTARs son depreciables en el primer año, por lo que en ese sentido, tomando en consideración lo anterior, el periodo de recuperación sería de un año, pues son más los beneficio que establece la legislación fiscal que las cargas, por la conservación ambiental.

Tomando en cuenta que el Período de Recuperación impuesto para este criterio de evaluación fue de diez años, y el proyecto que se propone en la presente investigación genera un Período de Recuperación de cuatro y un año, dependiendo si se consideran o no los beneficios fiscales, luego entonces, se puede concluir que el proyecto, por este criterio de evaluación, es viable para la Metal-Mecánica.

8.6.3 Interpretación de la Tasa Interna de Retorno

La TIR, nos indica la rentabilidad promedio anual que nos genera el capital que es invertido dentro de un plan, en ese sentido, sí la TIR es superior a la tasa de descuento aplicable al proyecto, este es viable económicamente. Ahora bien de los datos mostrados en la tabla 80, en la cual se consideran todos los beneficios y cargas fiscales aplicables en México, nos arroja un VAN de 1,094.32 millones de pesos M.N. (que indica que los beneficios superan a los costos y por tanto la alternativa es viable) y una TIR del 78.9 por ciento, esto nos dice que el rendimiento del capital es muy alto al invertir en el tratamiento y reciclado del agua residual industrial para la Metal-Mecánica.

Por lo anterior, bajo este criterio de evaluación, la alternativa de tratamiento y reúso es viable económicamente.

8.6.4 Interpretación Relación Beneficio/Costo

Como ya se ha señalado a lo largo del presente documento, la Razón Beneficio/Costo no es más que la relación que tienen los beneficios que otorga un proyecto respecto a los costos requeridos para llevar al cabo dicho proyecto. Cuando este indicador es superior a 1, el proyecto debe aceptarse, pues nos indica que la rentabilidad de la estrategia es superior al costo del capital invertido.

De la tabla Como se puede observar en la tabla 83, tomando en consideración las diversas disposiciones legales aplicables en materia tributaria en específico la LIA y la LISR, la ratio Beneficio/Costo del proyecto propuesto es de 1.81.

Esto quiere decir que los beneficios que se generarán a partir de implantar un programa de tratamiento y reciclado de agua para los procesos productivos de

la Metal-Mecánica representan un 181% más que los costos que se generarían por llevar al cabo este proyecto.

Ahora bien, cuando se realizó la evaluación del proyecto, si tomar en consideración todos los beneficios y cargas fiscales, esta ratio fue de 1.72 (mostrada en la tabla 84), mostrando que aún y cuando no existiese un incentivo fiscal la implementación del programa de saneamiento y reciclado para la industria es viable en términos económicos.

Por lo tanto a partir de este criterio de evaluación, el proyecto es viable económicamente, tanto si existen subvenciones fiscales como si no las hubiera, pues en ambos casos la rentabilidad del capital invertido es superior a los costos de este.

8.6.5 Análisis Social de Costo-Beneficio

como se menciona en el preámbulo del presente capítulo, durante el periodo de enero a julio de 2010, se realizó una investigación de campo, para determinar posibles impactos derivados del tratamiento y reciclado del agua, los cuales ya sea por restricciones de información o de la investigación no fueron contabilizados, pero que se muestran en la tabla 85. A continuación señalamos algunos:

Costo Económico del Proyecto (CE)

La implementación del presente proyecto implica para la rama metal-mecánica una inversión de \$ **176,100.47** miles de pesos.

Una erogación única durante el año cero.

- Costos de operación de las plantas tratadoras (Se incluye sueldos, insumos, electricidad)
- Costos generales (abarcan papelería y otros)

Se prevén durante la operación y vida útil del proyecto que es considerado por 21 años.

Costo Ambiental del Proyecto (CA)

Los siguientes impactos negativos que se identificaron fueron:

- **Aire** Alteración de la calidad del aire por el polvo generado durante la construcción de los proyectos.
- **Ruido** Incremento en los niveles de ruido en la fase de construcción.
- **Paisaje** Alteración del paisaje actual.

Estos se presentan durante el periodo de construcción de las PTARs.

Costo Social del Proyecto (CS)

Los siguientes impactos negativos e identificados, constituyen el costo ambiental del proyecto para cada factor socioeconómico y cultural:

- Incremento de ruido ocasionado durante la construcción de las plantas, que es de un año.
- Incremento de fluidez vehicular durante la construcción de las plantas.
- Contaminación del aire por polvo, gases y humos por la utilización de maquinaria y equipo.

Se presentan durante la construcción de las PTARs.

Beneficios Económicos del Proyecto (BE)

- Incremento temporal en los niveles de empleo (Durante la construcción de las plantas).
- Potencial mejoramiento de la calidad de vida a la población.

Estos beneficios se presentarán durante la Fase de Construcción del proyecto que ha sido estimada en un año.

- Incremento en los niveles de empleo (durante el periodo de operación de las PTARs).
- Ahorros generados por no extracción de agua y descarga de contaminantes a los cuerpos receptores.
- Economías de Escala, mano de obra especializada y cercanía al mercado americano.

Estos beneficios se presentan en la Fase de Operación y Mantenimiento del proyecto.

Beneficios Ambientales del Proyecto (BA)

- El aumento en el nivel freático de los acuíferos por la disminución de las extracciones, sin embargo es necesario establecer un modelo hidrogeológico que permita determinar el impacto que tendrá la sustitución de aguas subterráneas por aguas regeneradas en estos acuíferos.
- La disminución en la contaminación de las masas de agua.

Estos beneficios se presentarán durante la Fase de Operación y Mantenimiento del proyecto.

Beneficios Sociales del Proyecto (BS)

- Disminución de enfermedades dentro de la sociedad.
- Imagen de industria social y ambientalmente responsable, imagen de ciudad sustentable.
- Sensibilización de la población de la ZMS hacia una cultura por la regeneración y reutilización de aguas residuales.

Estos beneficios se presentarán durante la Fase de Operación y Mantenimiento del proyecto.

Tabla 85 Conclusiones Análisis Social Costo Beneficio.

Economico		Social		Ambiental	
Beneficio (BE)	Costo (CE)	Beneficio (BS)	Costo (CS)	Beneficio (BA)	Costo (CA)
<p>♦ Incremento temporal en los niveles de empleo</p> <p>♦ Potencial mejoramiento de la calidad de vida a la población</p> <p>Estos beneficios se presentarán tanto en la Fase de Construcción y operación.</p> <p>♦ Los beneficio para la industria proveniente del ahorro generado por el tratamiento de agua y el ahorro por las descargas de residuos.</p> <p>Estos beneficios se presentan en la Fase de Operación y Mantenimiento del proyecto.</p>	<p>♦ La implementación del presente proyecto implica para la rama metal-mecánica una inversión de \$ 176.10 millones de pesos.</p> <p>Esto solo como una erogación única durante el año cero.</p> <p>♦ Costos de operación de las plantas tratadoras (Se incluye sueldos, insumos, electricidad)</p> <p>♦ Costos generales (abarcan papelería y otros)</p> <p>Se prevén durante la operación y vida útil del proyecto.</p>	<p>♦ Contar con un sistema operativo tratamiento y reciclado de agua industrial.</p> <p>♦ Reducción del impacto por descargas de residuos.</p> <p>♦ Imagen de industria social y ambientalmente responsable.</p> <p>♦ Imagen de ciudad sustentable.</p> <p>Estos beneficios se presentarán durante la Fase de Operación y Mantenimiento del proyecto.</p>	<p>♦ Incremento de ruido ocasionado durante la construcción de las plantas, que es de un año.</p> <p>♦ Incremento de fluidez vehicular durante la construcción de las platas.</p> <p>♦ Contaminación del aire por polvo, gases y humos por la utilización de maquinaria y equipo</p>	<p>♦ El aumento en el nivel freático de los acuíferos por la disminución de las extracciones.</p> <p>♦ La disminución en la contaminación de las masas de agua.</p> <p>Estos beneficios se presentarán durante la Fase de Operación y Mantenimiento del proyecto.</p>	<p>♦ Aire Alteración de la calidad del aire por el polvo generado durante la construcción de los proyectos.</p> <p>♦ Ruido Incremento en los niveles de ruido en la fase de construcción.</p> <p>♦ Paisaje Alteración del paisaje actual (no significativo, puede compensarse con mejoras de jardines y arboles).</p> <p>Estos durante la construcción de las plantas que es de un año.</p>
BE>CE		BS>CS		BA>CA	

Fuente: Elaboración propia a partir de investigación de campo, realizada durante el periodo de enero a julio de 2010.

Capítulo 9 CONCLUSIONES

El recurso hídrico es la principal fuente de vida para el ser humano, sin embargo, como consecuencia del incremento demográfico mundial, el calentamiento global y la polución (contaminación) global, esta es cada vez más escasa y menos accesible.

Por lo anterior dentro del contexto actual es necesario abordar el tema del encarecimiento mundial del agua desde el punto de vista sustentable. En este sentido, el tratamiento y reciclado del agua dentro de los procesos productivos de la manufactura, es una de las principales acciones que se pueden implantar a corto plazo, esto a fin de evitar los consumos y contaminación excesivos, de cada firma al llevar a cabo sus procesos productivos.

De lo anterior, se deduce que las acciones que se deben de llevar al cabo para lograr el cuidado y el ahorro del agua significan hacer cambios radicales tanto en la industria como en la sociedad; muchas veces dichos cambios se traducen en costos; es por ello, que el proceso de la toma de decisiones, se torna en un punto fundamental para lograr los cambios que se requieren.

En ese sentido, el presente trabajo tiene como objetivo determinar si el programa de tratamiento y reciclado de agua industria además de ser rentable en beneficios ambientales o sustentables; los es en términos económicos, es decir si esto se traduce en beneficios económicos y financieros. Para esto, se llevo a cabo un análisis económico y financiero de un programa de tratamiento y reciclado del agua por parte de las industrias de la rama Metal-Mecánica dentro de la ZMS.

El proyecto fue evaluado con cuatro criterios normalmente utilizados en el campo de la evaluación de proyectos. El VAN, el PR, la TIR y la RBC, siguiendo la metodología de cada uno de ellos, se llegó a los resultados del séptimo capítulo.

Cada uno de los criterios utilizados para la evaluación del proyecto otorgó resultados positivos para la viabilidad de implantar un programa de tratamiento y reciclado del agua por parte de la industria.

Mediante la evaluación a través del VAN, se analizaron las dos alternativas: la de no implantar el proyecto que se traduce en un incremento de alrededor del 50 por ciento más de agua vs la segunda alternativa que consistió en el tratamiento y reciclado del hídrico, mediante este criterio se demostró que el ahorro financiero que se logra a lo largo de veintiún años es del 74.75%.

El segundo criterio con el que se evaluó el proyecto fue el de PR, dentro del cual se analizó las inversiones requeridas para la implementación del programa de tratamiento y reciclado de agua por parte de la industria y los costos de operación que de él se deriven, estos se recuperarán al término de cuatro años, sin tomar en consideración todos los beneficios fiscales que establece la legislación mexicana por la preservación y conservación del medio ambiente, en cuyo caso el periodo de recuperación sería de un año, esto por la depreciación al 100 por ciento que se establece por la implementación de tecnología pro ambiental, esto ocasionado por los ahorros generados por la implementación del proyecto (Reducción de extracción de agua, pago por descargas de aguas residuales. El ahorro se considera lo que no se gastó si se hubiera continuado con los consumos reales de agua por parte de la Metal-Mecánica

Otro criterio utilizado dentro del presente documento fue la TIR y el VAN, tomando en consideración todas las subvenciones legales aplicables a la materia, dentro de las cuales encontramos un VAN a una tasa de descuento del 12 por ciento anual de 1,094.32 millones de pesos, con una TIR del 78.9 por ciento, esto nos indica una gran rentabilidad del proyecto.

Así mismo evaluamos el proyecto con la ratio BC, esto se realizó de dos maneras: la primera que consideró todos los beneficios fiscales aplicables y la segunda sin considerar estos, sólo en función de los ahorros generados; estas

evaluaciones arrojaron una relación de 1.81 y 1.72 respectivamente, lo que quiere decir que los beneficios que resultan de implantar un programa de tratamiento y reciclado de agua de estas características son 181% y 172% más que los costos que se generarán por la inversión al principio de dicho programa.

Por todo lo anterior, y con base en los resultados de los distintos criterios de evaluación utilizados para determinar la viabilidad tanto económica como financiera de este proyecto, se puede llegar a las siguientes conclusiones.

1. La viabilidad de invertir en un proyecto de carácter ambiental y sustentable, como es el de implantar un programa de tratamiento y reciclado de agua a través de la construcción de PTARs puede presentarse en términos económicos y financieros para su aprobación.
2. La inversión requerida para implementar un proyecto de tratamiento y reciclado de agua por parte de la industria con las características descritas en el presente documento, se recuperará dentro del periodo de cuatro años sin tomar en consideración los incentivos fiscales que ofrece el gobierno mexicano por la implantación de programas pro ambientales, estos como consecuencia de que los costos por los consumos de agua por parte de la industria se reducirán por los ahorros derivados del tratamiento y reciclado del agua dentro de la industria.
3. Así mismo, la implementación de este tipo de programas genera una serie de beneficios sociales y ambientales, que le reditúan a la industria, como: Disminución de enfermedades dentro de la sociedad, imagen de industria social y ambientalmente responsable, imagen de ciudad sustentable, sensibilización de la población de la ZMS hacia una cultura por la regeneración y reutilización de aguas residuales, recuperación de los mantos freáticos, disminución de contaminación del agua por reducción de masas contaminantes, entre otras. Por lo anterior desde el punto de vista social y ambiental, el tratamiento y reciclado del agua industrial por parte de la Metal-Mecánica en la ZMS es viable.

Así mismo, ante el grado de rentabilidad que este tipo de programas le reditúa a la industria, estos traducidos en reducción de costos o bien mediante externalidades, podemos decir que la situación que guardan los recursos hídricos dentro de la ZMS, no representa un obstáculo para la permanencia de esta clase de industria, sino que por el contrario, en una región en la cual existe una sobreexplotación de los mantos acuíferos que la alimentan, el contar con un programa pro ambiental impulsado por la industria, traducido en el tratamiento y reciclado de agua residual industrial, se ejerce una menor presión sobre el recurso, haciéndose así un uso sustentable por parte de esta, y por consiguiente garantizándose un uso sostenido del hídrico, como consecuencia de lo anterior, este tipo de proyectos puede incidir sobre la permanencia de empresas de la Metal-Mecánica en la región.

Por lo anterior se concluye que la implantación de un programa de tratamiento y reciclado de agua por parte de la industria con las características descritas en el presente documento, representaría beneficios sociales, ambientales y económicos, tales como la reducción de la contaminación de agua residuales, cambio en la cultura del agua y ahorros en que pueden ser medibles de forma cuantitativa a través de análisis como el que se plantea en esta tesis.

Así mismo, como posibles líneas de investigación que se podrían desprender de la presente investigación, sería la evaluación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales y la eficiencia en el manejo del hídrico por parte de los organismos operadores, pues de la investigación realizada, se desprende que estos funcionan bajo condiciones menos que eficientes.

Referencias Bibliográficas

Abeygunawardena, P. (1999). "Medio ambiente y economía en la preparación del proyecto: Diez casos de Asia". Banco Asiático de Desarrollo.

Adeoti, John Olatunji. (2001). "Technology Investment in Pollution Control in Sub-Saharan Africa: Evidence from Nigerian Manufacturing". *Developing Economies*, December 2001, v. 39, iss. 4, pp. 395-431

Anderson, Dennis. (1992). "Economic growth and the environment". The World Bank, Policy Research Working Paper Series: 979.

Agenda 21. (2010). "Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, Johannesburgo". Sudáfrica, 26 de agosto a 4 de septiembre de 2002, disponible en línea en: http://www.oarsoaldea.net/agenda21/files/Informe%20de%20la%20Cumbre%20Mundial%20sobre%20el%20Desarrollo%20Sostenible%20-%20Johannesburgo%202002_1.pdf, consultado el 15 de mayo de 2010.

Agua. (2009). "El agua en México". En línea disponible en <http://www.agua.org.mx/content/section/6/28/>; internet; consultado el 19 de noviembre de 2009, a las 19:30 Horas.

Agüero, Max. (1996). "Elaboración de los Términos de Referencia del Estudio: Valoración Económica y Social de los Recursos Naturales e Impactos Ambientales". Santiago de Chile, 1996.

Azqueta, Oyarzun. D. (1994). "Valoración Económica de la Calidad Ambiental". Madrid: Mc Graw Hill.

----- (2002). "Introducción a la Economía Ambiental". Madrid: Mc Graw Hill.

Barnett, H; C Morse. (1963). "Scarcity and Growth: the Economics of Natural Resource Availability". Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD.

Barquette, Stael. (2002). "Factores de Localización de Incubadoras y Empresas de Nueva Tecnología". Academia. Revista Latinoamericana de Administración, número 028 Universidad de los Andes Bogotá, Colombia. pag. 51-71

Barzev, Radoslav. (2002). "Guía metodológica de Valoración Económica de Bienes, Servicios e Impactos Ambientales". Corredor Biológico Mesoamericano, Serie Técnica 04, CCAD, disponible en línea en: http://xsei.centrogeo.org.mx/vedet/biblioteca/val_eco_deg/VE_Valoraci%F3n%20CBM.pdf, accesado el 17 de noviembre de 2009.

Blair, J. P. (1991). "Urban & Regional Economics". Irwin.

Butler Joseph H. (1991). "Geografía Económica. Aspectos Espaciales y Ecológicos de la Actividad Económica". Ed. Limusa. ISBN: 968-18-1793-1

Boardman, Anthony E; David H Greenberg; Aidan R Vining; David L Weimer. (1996). "Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice". Prentice-Hall, Inc.

Cantú, Garza Vidal; Julio Moreno Sesma. (2002). "Evaluación socioeconómica del proyecto Planta Tratadora de Aguas Residuales para la ciudad de Saltillo, Coahuila", TRANSFERENCIA, Año 16 Número 60, Tecnológico de Monterrey.

Campo, García Omar David (2008). "Impacto de las Externalidades Dinámicas de Aglomeración en el Sector Industrial Colombiano 1992-2003". Serie Documentos ieec n.º 28. Abril de 2008, disponible en línea en: <http://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/10584/1203/1/28.%20Impacto%20de%20las%20externalidades.pdf>, consultado el 19 de octubre de 2010.

Capello, Roberta. (2007). "Regional Economics". Routledge Combes, Pierre-Philippe y Henry G. Overman (2004). The spatial distribution of economic activities in the European Union. En Handbook of Urban and Regional Economics, Volúmen 4, Vernon Henderson and Jacques Thisse (eds.)

- Carrillo, Huerta Mario M. (2002). "Estudios Regionales en México. Selección de Teoría y Evidencia Empírica: Desarrollo Regional". Universidad de Puebla.
- Cavallé, Pinós, C. (1975). "El sector siderúrgico Español. 1975". Ed. Eunsa, Pamplona.
- Chávez, Rodríguez Libertad. (2006). "Problemas y Posibilidades del uso Sustentable del Agua en Ciudades del Norte de México desde el Punto de Vista de la Planeación Urbana: el Caso de Saltillo". Regional Wissenhaftliche Forschungen/ Regional Science Research 30, ISSN-10:3-9811189-0-1
- CNA. (1996). "Estudio Geohidrológico de la Zona Saltillo-Ramos Arizpe, Coahuila" Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas.
- (2002a). "Determinación de la disponibilidad del agua en el acuífero General Cepeda-Sauceda". Comisión Nacional del Agua. Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas.
- (2002b). "Determinación de la disponibilidad del agua en el acuífero Región Manzanera-Zapalinamé". Comisión Nacional del Agua, Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas.
- (2002c). "Determinación de la disponibilidad del agua en el acuífero Saltillo-Ramos Arizpe". Comisión Nacional del Agua, Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas.
- (2004a). "Determinación de la disponibilidad del agua en el acuífero Cañón del Derramadero". Comisión Nacional del Agua: Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas.
- (2004b). "Estadísticas del Agua en México edición 2003". Comisión Nacional del Agua.

- (2008). "Estadísticas del Agua en México 2008". Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 1a. edición 2008, ISBN 978-968-817-895-9
- (2009a). Dirección Local Coahuila, En línea disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/DLCoah/Espaniol/TmpContenido.aspx?Id=4ea72325-526a-4211-bf9a-6549b9c3f53c%7CCon%C3%B3cenos%7C1%7C0%7C0%7C0%7C0>, consultado el 01 de noviembre de 2009.
- (2009b). Organismo de cuenca Rio Bravo, En línea disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/ocrb/Espaniol/TmpContenido.aspx?id=4dc3d216-7c19-46d7-beb4-fd894b4c6ddb%7CCon%C3%B3cenos%7C1%7C0%7C0%7C0%7C0>, consultado el 01 de noviembre de 2009.
- (2009c). "Nota Informativa Inauguración de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Principal de la Ciudad de Saltillo". Disponible en línea en: http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/NotaInformativaPTAR_Saltilo090224.pdf, consultado el 17 de noviembre de 2009.
- (2009d). "Acuerdo por el que se da a conocer la ubicación geográfica de 371 acuíferos del territorio nacional, se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de 282 acuíferos, y se modifica, para su mejor precisión, la descripción geográfica de 202 acuíferos". Diario Oficial de la Federación. Tomo DCLXXI No. 20 México, D.F., viernes 28 de agosto de 2009. Segunda Sección.
- (2010a). "Estadísticas del Agua en México, edición 2010. 10 años de presentar al agua en cifras" Comisión Nacional del Agua. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

----- (2010b). Dirección Local Coahuila. Oficio BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila.

----- (2010c). Oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua

Coahuila. (2010a). Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente del Estado de Coahuila de Zaragoza. (G. d. Zaragoza, Ed.) Recuperado el 26 de febrero de 2010, de http://200.57.142.114/archivos/filemanager/leyes//Leyes_Estatales_Vigentes/L_Equilibrio_Ecologico_y_la_Proteccion_al_Ambiente.pdf

----- (2010b). Ley de Aguas Para los Municipios del Estado de Coahuila de Zaragoza. Recuperado el 26 de febrero de 2010, de http://200.57.142.114/archivos/filemanager/leyes//Leyes_Estatales_Vigentes/L_Aguas_para_Municipios.pdf

----- (2010c). Reglamento del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiental del Municipio de Saltillo, Coahuila. Recuperado el 26 de febrero de 2010, de http://200.57.142.114/archivos/filemanager/leyes//Reglamento_en_los_Municipios/Saltillo/R_Equilibrio_Ecologico_y_Proteccion_Ambiental_Saltillo.pdf

Coase, R.H. (1960). "The problem of social cost", The Journal of Law and Economics, III: 1-44

CUÉNTAME. (2010). División territorial de México, Cuéntame territorio, disponible en línea en: <http://cuentame.inegi.gob.mx/territorio/division/default.aspx?tema=T>, consultado el 11 de agosto de 2010.

Dasgupta, Susmita; Huq Mainul; David Wheeler; Chonghua Zhang. (1996). "Water Pollution Abatement by Chinese Industry: Cost Estimates and Policy

Implications”, The World Bank, Policy Research Working Paper Series: 1630.

Dávila, F. A. (2002). “Matriz de insumo producto de la economía de Coahuila e identificación de sus flujos intersectoriales más importantes”. En Economía mexicana (págs. 79-162). México: Nueva Época, Vol XI.

Davis, R. K. (1963). “Recreation Planning as an Economic Problem”. Natural Resources Journal , 3, 239-249.

Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, Estocolmo 1972. En línea disponible en: http://www.medioambiente.cu/declaracion_estocolmo_1972.htm, internet, accesado el 10 de noviembre de 2009 a las 20:00 horas.

Del Saz Salazar, S; L Pérez y Pérez. (1999). “El valor de uso recreativo del Parque Natural de L’albufera a través del método indirecto del coste de viaje”. Estudios de economía aplicada (11), 41-62.

DOF. (1951a). Decreto que establece veda por tiempo indefinido, para la excavación de norias y galerías filtrantes y la perforación de pozos, para el aprovechamiento de aguas subterráneas en la zona que circunda los manantiales de Guanajuato, en Ramos Arizpe, Coah. Transcripción del DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN correspondiente a la edición del sábado 10 de marzo de 1951.

----- (1951b). Decreto que amplía la zona vedada para nuevos alumbramientos de agua del subsuelo, en Ramos Arizpe, Coah. Transcripción del DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN correspondiente a la edición del lunes 8 de octubre de 1951.

----- (1952). Decreto que establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo en los terrenos de la ciudad de

Saltillo, Coah., en la zona que el mismo delimita. Transcripción del DOF correspondiente a la edición del jueves 7 de febrero de 1952.

----- (1979). Decreto por el que establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas subterráneas, de la zona no vedada por el diverso publicado el 7 de febrero de 1952, en el área que ocupa el Municipio de Saltillo, Coah., y se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en dicha zona. Transcripción del Diario Oficial de la Federación, correspondiente a la edición del jueves 7 de abril de 1979.

----- (1982). Ley Federal de Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación , CCCLXX (6). 11 de Enero de 1982.

----- (1988), Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente. DOF , CDXII (19). 28 de Enero de 1988.

Edwards, Mary. (2007). "Regional and Urban Economics and Economic Development". Auerbach Publications. Ferreira, Carlos Mauricio de C. (1988). Economía Regional: Teorías e Métodos de Análise, Banco do Nordeste do Brasil. 1998.

Faiña, J Andres; Jesús Lopez-Rodriguez (2010). Perifricidad, desarrollo y capital humano en Europa: ¿Qué cuenta la Nueva Geografía Económica?, disponible en línea en: <http://www.fceer.org/bdoc/recursos/013.pdf>, consultado el 15 de octubre de 2010.

FESEC. (2010). Fomento Económico del Sureste de Coahuila. Parques industriales, consultado el 23 de junio de 2010, disponible en línea en: <http://www.fesec.com.mx/espanol/parques09.php>

Féres, Jose; Arnaud Reynaud. (2005). Assessing the Impact of Environmental Regulation on Industrial Water Use: Evidence from Brazil, Land Economics, Vol. 81, No. 3 (Aug., 2005), pp. 396-411, University of Wisconsin Press

Fernández-Bolaños, A. (2002). "Economía y política medioambiental". Piramide, Madrid, (Cap. 2:55-71).

Ferreira, Carlos Mauricio de C. (1988). "Economía Regional: Teorías e Métodos de Análise". Banco do Nordeste do Brasil. 1998. (Capítulos 1 y 2).

FIDAGUA. (1995). Plan de Abastecimiento de Agua a Largo Plazo, Saltillo, Coahuila. Freese y Nichols, Inc., Woodward-Clyde Consultores.

Fisher, Anthony C (1981), "Resource and environmental economics". University of Cambridge Press

Foladori, Guillermo; Humberto Tommasino; Javier Taks; Man Yu Chang; Naína Pierri. (2005). "¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable, Colección América Latina y el Nuevo Orden Mundial". México: Miguel Ángel Porrua, UAZ, Cámara de Diputados LIX Legislatura, ISBN 970-701-610-8

----- (2007). "El pensamiento ambientalista". Anales de la educación común. Tercer siglo. Año 3, número 8, Educación y ambiente, octubre de 2007. Publicación de la Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires, Dirección Provincial de Planeamiento Versión digital del artículo publicado en pp. 42 a 46 de la edición en papel.

Founex Report. (1971). The Founex Report on Development and Environment. En línea disponible en; http://www.earthsummit2012.org/fileadmin/files/Earth_Summit_2012/founex_report_1972.pdf, consultado el 10 de noviembre de 2009 a las 20:30 horas.

Fujita, M; P. Krugman; A. Venables. (1999). "*The spatial economy: cities, regions and international trade*". The MIT Press.

- Glaeser, Edward L; Hedi D. Kallal; José A. Scheinkman; Andrei Shleifer. (1992). "Growth in cities". The Journal of Political Economy 100, 6: 1126-1152.
- Gleick, Peter. (2002). The World's Water 2002-2003. The biennial report on freshwater resources 2002-2003.
- Gramlich, E. M. (1997). "A Guide to Benefit-Cost Analysis". Waveland Press.
- Griliches, Z. (1971). "Price Indexes and Quality Change". Cambridge MA: Harvard University Press
- Guajardo, Quiroga Ramón G; Patricia I García López. (2001). "Análisis de la Estructura del Sector Agua en Nuevo León y sus relaciones Intersectoriales". Estudios Económicos, Julio-Diciembre, año/volumen 16, número 002, Colegio de México, pp. 253-270, En línea disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=59716205>, internet, consultado el 24 de noviembre de 2009 a las 23:00 horas.
- Hamilton, F.E.I. (1971). "Modelos de Localización Industrial en la Geografía y los Modelos Socioeconómicos". I.E.A.L, págs. 297-384.
- Hammond, R.J. (1958) "Benefit-Cost Analysis and Water Pollution Control". Stanford University Press, Stanford, CA.
- Hanley, N; C. L. Spash. (1993). "Cost-Benefit Analysis And The Environment". England: Edward Elgar Publishing Company.
- Hardin, G. (1968). "The tragedy of Commons", Science, 162: 1245-1248.
- Henderson, Vernon; Ari Kuncoro; Matt Turner. (1995). "Industrial development in cities". The Journal of Political Economy 103, 5: 1067-1090.

Hitchens, David. (1998). "The firm, competitiveness and environmental regulations: A study of the European food processing industries". European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, no. EF/98/21.

Hotelling, Harold. (1925). "A General Matematical Theory of Depreciation". Journal of the American Statistical Association, September, 1925.

----- (1931). "Economic of Resource Depletion". Journal of Political Economy, March-April, 1931, Vol. 39, No. 2

Idelovitch, Emanuel; Klas Ringskog. (1997). "Antiguas y nuevas opciones de Tratamiento de aguas residuales en América Latina". Banco Mundial.

INEGI. (2009a). Banco de Información Económica, Sistema de Cuentas Nacionales. En línea disponible en <http://dgcnesyp.inegi.org.mx/cgi-win/bdieintsi.exe/IQYMM15000200030001>, accesado el 24 de noviembre de 2009, a las 16:00 horas.

----- (2009b), Censos Económicos 2004, Sistema de Consulta de los Censos Económicos 2004. En línea disponible en <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce1999/saic/default.asp?modelo=SCIAN&censo=2004&s=est&c=11734>, internet, accesado el 24 de noviembre de 2009 a las 12:00 horas.

----- (2010a). Regiones Hidrológicas en Coahuila, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, disponible en línea en: <http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/estados/coa/rh.cfm?c=444&e=05>, consultado el 12 de junio de 2010.

----- (2010b). Producto interno bruto nacional y por entidades federativas 2003-2008 a precios de 2003, valores básicos. Dirección General de Estadísticas Económicas. Dirección General Adjunta de Cuentas Nacionales. Dirección de Cuentas de Corto Plazo y Regionales.

- IMTA. (2002). Coordinación de tratamiento y calidad del agua. Subcoordinación de Tratamiento de Aguas Residuales. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Isard, Walter. (1952). "A General Location Principle of an optimum Space-Economy". *Econometrica*, 20, 406-30.
- (1990). "Location analysis and general theory: Economic, political, regional and dynamic". Washington Square, New York. New York University Press. 357 p. Libro
- ; Iwan J. Azis; Matthew P. Drennan; Ronald E. Miller; Sidney Saltzman; Erik Thorbecke. (1998). "Methods of Interregional and Regional Analysis". Aldershot, Ashgate.
- Jevons, Stanley W (1865). "The Coal Question; AN Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of Our Coal Mines". McMillan & Co. London.
- Johansson, Per-Olov. (1993). "Cost-Benefit Analysis of Environmental Change". Cambridge University Press.
- Kneese, A.V. (1962). "Water Pollution Control, Economic Aspects, and Research Needs". *Resources for the Future*, Washington, D.C
- ; B.T Bower. (1968). "Managing Water Quality: Economics, Technology, Institutions". *Resources for the Future and the Johns Hopkins Press*, Baltimore.
- Krugman, Paul (1995). "Development, geography, and economic theory". Cambridge, MA; London. The MIT press.

- Kula Erhun. (1992). "Economics of Natural Resources and the Environment". Ed. Chapman&Hall. ISBN: 0-412-36330-5
- Lancaster, K.J (1966). "A new approach to consumer theory, Journal Political Economy". 74 págs. 132.157
- Laos, E. (1996). "México: competitividad laboral y tipo de cambio". En Comercio Exterior, julio (México DF, Bancomext).
- LFD. (2004) Ley Federal de Derechos. Congreso de la Unión. Reforma publicada en el DOF el 3 de mayo de 2004. Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación, el jueves 31 de diciembre de 1981
- LGEEPA. (1996). Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación , DXIX (10) .
- LOAPF. (1992). Ley Organica de la Administración Pública Federal. Diario Oficial de la Federación , CDLXIV (15) . México, D.F.
- Lizano Araya, Melvin (2008). Economía de los Recursos Naturales, Universidad de Costa Rica accesado el 11 de enero de 2010, disponible en: <http://www.scribd.com/doc/6202812/Economia-de-Los-Recursos-Naturales>
- LGAH. (1976). Ley General de Asentamientos Humanos. Diario Oficial de la Federación , CCCXXXVI (17) . México, D.F.
- Malthus, R.T. (1798). "An Essay on the Principle of Population as it Affects the Future Improvement of Society". Ward, Lock and Company, London.
- Meadows, D.H; D.L Meadows; J. Randers; W.W Behrens. (1972), "The Limits to Growth", New York, Universe Books

Mertens, L. (1996). "Estrategias de mejora de productividad y recursos humanos: trayectorias de innovación e impactos en el mundo laboral" (Santiago, OIT/CIDA).

Mill, J.S. (1862). "Principles of political Economy". Appleton, New York.

Moncayo, Jiménez Edgard. (s/f). "Modelos de Desarrollo Regional: Teorías y Factores Determinantes". Disponible en línea en: <http://unpan1.un.org/intrados/groups/public/documents/uneclac/unpan015159.pdf>

Odum, E.P. (1969). "La estrategia de desarrollo de los ecosistemas". Science 126 pp. 262-270, disponible en línea en: <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n26/aeodu.html>, consultado el 15 de mayo de 2010.

OECD. (1975). "The Polluter Pays Principle: Definition, Analysis, Implementation". OECD. París.

ONU. (2009a). Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Organización de Naciones Unidas, disponible en línea en: www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/declaracionrio.htm, consultado el 20 de septiembre de 2009.

----- (2009b). ¿Qué cambiará con la Cumbre de Johannesburgo?, Organización de Naciones Unidas, disponible en línea en: http://www.un.org/spanish/conferences/wssd/feature_story41.htm, consultado el 20 de septiembre de 2009.

----- (2010). "Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment" United Nations Environment Programme: environment for development, disponible en línea en:

<http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?documentid=97&articleid=1503>

Palacios, Garrido J. (1997). "Localización Industrial en el Medio Rural en Aragón. Aproximación a su Correlación con las Empresas de Transporte y de Mercancías". *Geographica*, Núm. 35, págs. 99-114.

Pearce, D. W; K.R Turner. (1995). "Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente". Madrid: Celeste Ediciones.

-----; A Markandya; E.B. Barbier. (1989). "Blueprint for a Green Economy". London: Earthscan.

Pigou, A.C. (1920). "The Economics of Welfare". MacMillan, London.

Ponsard, Claude. (1983). "History of Spatial Economic Theory". Berlin, NY, Tokio. Springer-Verlag.

President's Material Commission (1952), *Resources for Freedom* (5 Volumes), U.S Government Printing Office, Washington, DC.

Provencio, E; R. Tornel; J.Ribemboin; R. Conde; J.C Belausteguigoitia; J.P. Rosentha y otros. (1997). "Economía Ambiental: Lecciones de América Latina, Oportunidades de integración de instrumentos y políticas en la planeación ambiental". (I. N. Ecología, Ed.) Recuperado el 11 de Noviembre de 2009, de http://www.cuaad.udg.mx/~orobert/ezc/Recursos/Bibliografia/eco_amb_lecciones_al.pdf

Ramírez, Carrasco Francisco (2003). Tesis Doctoral: Variación de la Congruencia Espacial entre la Actividad Residencial y Terciaria en el Centro Urbano de Barcelona, Universidad Politecnica de Cataluña, invierno de 2003, accesado el 10 de Septiembre de 2010, disponible en línea en:

http://www.tdr.cesca.es/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-0328103-112723/02PARTE1.pdf

Ricardo, David. (1821). "Principles of Political Economy and Taxation". (tercera edición 1821).

Richardson, H.W. (1977). "Teoría del Crecimiento Regional". Ed Piramide. Madrid 1977

----- (1979). El Estado de la Economía Regional: Un artículo de síntesis. Estudios Regionales N° 3. Disponible en línea en: <http://www.revistaestudiosregionales.com/pdfs/pdf86.pdf>. consultado el 15 de septiembre de 2010.

Rosen, S. (1974). "Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition". Journal of Political Economy 82, págs. 34-55.

Saltillo (2010). Historia de Saltillo. Disponible en línea en: <http://www.eventosensaltillo.com/historia.saltillo.php>. consultado el 12 de septiembre de 2010.

Schlegel Blog (2010) Mapas de México con nombres <http://schlegelpsgualtierro.blogspot.com/2010/05/mapa-de-mexico-con-nombres.html>

SCJN (2009). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Recuperado el 17 de enero de 2010, de http://www.scjn.gob.mx/RecJur/Legislacion/Documents/ConstitucionPol/130_24DEAGOSTODE2009.pdf

----- (2010a). Ley de Aguas Nacionales. Recuperado el 26 de febrero de 2010, de Suprema Corte de Justicia de la Nación: <http://www2.scjn.gob.mx/leyes/Default.htm>

----- (2010b). Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales. Recuperado el 26 de febrero de 2010, de Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales:
<http://www2.scjn.gob.mx/reglamentos/Default.htm>

SEDESOL; CONAPO; INEGI (2007). Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2005. Secretaría de Desarrollo Social. Disponible en líneas en:
www.sedesol.gob.mx

SEMARNAT. (2008). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado el 27 de enero de 2010, de SEMARNAT.gob.mx:
http://www.semarnat.gob.mx/queessesemarnat/Pages/quienes_somos.aspx

----- (2009), NOM-001-SEMARNAT-1996, En línea disponible en:
<http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20vigentes/NOM-001-ECOL.pdf>, recuperado el 17 de noviembre de 2009 a las 20:00 horas.

----- (2010a). MON-001-SEMARNAT-1996. En línea disponible en:
<http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20vigentes/NOM-001-ECOL.pdf>. Recuperado el 26 de febrero de 2010 a las 12:00 horas.

----- (2010b). NOM-002-SEMARNAT-1996. Disponible en línea en:
<http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20vigentes/NOM-ECOL-002.pdf>. Recuperado el 26 de febrero de 2010 a las 12:30 horas.

----- (2010c). NOM-003-SEMARNAT-1997. Disponible en línea en:
<http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20vigentes/NOM-ECOL-003.pdf>. Recuperado el 26 de febrero de 2010 a las 13:00 horas.

- Steurer, R. (2009). "Sustainable development as governance reform agenda: An aggregation of distinguished challenges for policy-making". Discussion Paper 1-2009. Vienna: Institute of Forest Environmental and Natural Resource Policy, University on Natural Resources and Applied Life Sciences.
- Stiglitz, J. E. (2002). "La economía del Sector Público". Antoni Bosch Editor.
- Thisse, Jacques-Francois; Melvin L. Greenhut; Isard Walter; Leon N. Moses; William Alonso; Harold Hptelling; y otros. (1996). "Location Theory. Volume I". Edward Elgar Publishing Limited (Artículos 1, 2, 4, 13 y 21).
- Tietenberg, T. (1988). "Environmental and natural resource economics". Scott Foresman And Company. Boston.
- Turner, R.k; D. Pearce; I. Bateman. (1993). "Environmental Economics. An Elementary Introduction". The Johns Hopkins. University Press. Baltimore.
- WCED (1987), Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future, disponible en línea en: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>, consultado el 14 de septiembre de 2009.
- Willis, K; G Garrod. (1991). "The Hedonic Price method and the valuation of countryside characteristic". Countryside Change Centre working paper 14, University of Newcastle-upon-Tyne
- Wood, S; A.Trice. (1958). "Measurement of recreation benefits". Land Economics 34, págs.195-207
- Zerlentes, Becky; J.D Hewings Geoffrey; Stephan Weiler. (2009). "Modeling Production Externalities in the Maquila Industry". Ecological Economics, January 2009, v. 68, iss. 3, pp. 822-35

ANEXOS

Anexo 1

Disponibilidad natural media per cápita, por región Hidrológico-Administrativa, 2007

Región Hidrológico-Administrativa	Disponibilidad natural media total ^a (mill.m ³ /año)	Población a dic. de 2007 (millones de habitantes)	Disponibilidad natural media per cápita 2007 (m ³ /hab/año)	Escorrentamiento natural medio superficial total (mill.m ³ /hab/año)	Recarga media total de acuíferos ^a (mill.m ³ /año)
I Península de Baja California	4,616	3.58	1,289	3,367	1,249
II Noroeste	8,204	2.57	3,192	5,074	3,130
III Pacífico Norte	25,627	3.96	6,471	22,364	3,263
IV Balsas	21,651	10.54	2,055	17,057	4,601
V Pacífico Sur	32,794	4.12	7,960	30,800	1,994
VI Río Bravo	12,024	10.7	1,124	6,857	5,167
VII Cuencas Centrales del Norte	7,880	4.12	1,888	5,506	2,274
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	34,037	20.63	1,650	26,351	7,686
IX Golfo Norte	25,500	4.94	5,162	24,227	1,274
X Golfo Centro	95,455	9.58	9,964	91,606	3,849
XI Frontera Sur	157,754	6.5	24,270	139,739	18,015
XII Península de Yucatán	29,645	3.9	7,603	4,329	25,316
XIII Aguas del Valle de México	3,008	21.09	143	1,174 ^b	1,834
Total Nacional	458,100	106.23	4,312	378,449	79,651

Nota: las sumas pueden no coincidir por el redondeo de las cifras.

Las cantidades en esta tabla son de carácter informativo y para fines de planeación, no pueden ser utilizadas por sí solas para realizar concesiones de agua o determinar la factibilidad de un proyecto.

^a Las medias se refieren a valores de acuerdo con la disponibilidad de estudios hidrológicos.

^b Se consideran las aguas residuales que se generan en la Zona Metropolitana del Valle de México.

Fuente: CNA (2008). Estadísticas del Agua en México. Edición 2008. T2.2 Disponibilidad natural media per cápita, por región Hidrológico-Administrativa, 2007. Página 26.

Anexo 2

Agua renovable per cápita, por Región Hidrológico-Administrativa 2009

Región Hidrológico-Administrativa	Agua renovable (hm ³ /año)	Población a diciembre de 2008 Mill.hab	Agua renovable per cápita 2008 (m ³ /hab/año)	Escorrentamiento natural medio superficial total ^a (hm ³ /hab/año)	Recarga media total de acuíferos (hm ³ /año)
I Península de Baja California	4,626	3.68	1,257	3,367	1,249
II Noroeste	8,323	2.59	3,208	5,074	3,250
III Pacífico Norte	25,627	3.96	6,471	22,364	3,263
IV Balsas	21,680	10.58	2,049	17,057	4,623
V Pacífico Sur	32,794	4.12	7,955	30,800	1,994
VI Río Bravo	11,937	10.84	1,101	6,857	5,080
VII Cuencas Centrales del Norte	7,884	4.15	1,898	5,506	2,378
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	34,160	20.8	1,642	26,431	7,728
IX Golfo Norte	25,543	4.96	5,155	24,227	1,316
X Golfo Centro	95,866	9.62	9,969	91,606	4,260
XI Frontera Sur	157,754	9.62	24,043	139,739	18,015
XII Península de Yucatán	29,645	3.98	7,442	4,329	25,316
XIII Aguas del Valle de México	3,514	21.26	165	1,174 ^b	2,340
Total Nacional	459,351	107.12	4,288	378,449	80,822

Nota: Las cantidades expresadas en esta tabla son de carácter informativo y para fines de planeación, no pueden ser utilizadas por sí solas para realizar concesiones de agua o determinar la factibilidad de un proyecto.

Los cálculos de agua renovable se refieren a valores históricos de acuerdo con la disponibilidad de estudios hidrológicos.

^a Se conforma por el escurrimiento natural medio superficial interno más las importaciones, menos las exportaciones procedentes de otros países.

^b Se consideran las aguas residuales de la Ciudad de México.

Fuente: CNA (2010a). Estadísticas del Agua en México. Edición 2010. "10 años de presentar al agua en cifras" T2.2 Agua renovable per cápita, por región Hidrológico-Administrativa. Página 22.

Anexo 3

Producto Interno Bruto Estados Unidos Mexicanos, 2003-2008. A precios de 2003. Unidad de medida: miles de pesos

Sector	2003	2004	2005	2006	2007	2008
TOTAL	7 162 773 265	7 454 147 918	7 698 197 133	8 087 457 103	8 360 904 402	8 481 446 846
Agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza	285 751 473	294 026 058	291 997 603	302 990 426	318 840 267	325 495 849
Minería	443 195 160	449 094 222	447 733 923	453 881 427	452 813 227	446 138 907
Electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final	95 341 361	99 152 752	101 116 866	113 449 511	117 607 644	114 873 186
Construcción	470 217 138	495 166 164	514 234 428	554 193 968	578 426 928	588 363 112
Industrias manufactureras	1 345 383 265	1 398 307 418	1 448 138 988	1 533 893 943	1 560 461 832	1 548 933 281
Industrias alimentaria, de las bebidas y del tabaco	377 502 156	393 032 674	406 988 823	418 072 593	428 863 293	435 762 629
Textiles, prendas de vestir y productos de cuero	86 519 600	87 726 673	85 446 048	85 949 863	82 686 815	81 235 070
Industria de la madera	17 348 208	17 312 704	17 116 570	17 359 707	18 082 460	16 712 428
Industrias del papel, impresión e industrias conexas	41 075 192	42 072 867	43 356 877	45 890 725	46 926 297	48 476 782
Derivados del petróleo y del carbón, industrias químicas, del plástico y del hule	213 982 820	224 218 380	228 493 779	236 252 213	239 504 170	235 713 313
Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	86 849 241	91 036 824	96 763 394	103 447 232	105 831 724	101 861 178
Industrias metálicas	119 784 553	127 194 331	136 048 001	142 329 288	141 072 524	141 104 813
Maquinaria y equipo	354 654 381	366 116 760	382 885 671	430 714 520	442 774 745	433 659 668

Continuación Anexo 3

Fabricación de muebles y productos relacionados	21 145 914	21 638 143	21 795 743	21 535 388	21 298 788	20 430 902
Otras industrias manufactureras	26 521 200	27 958 062	29 244 082	32 342 414	33 421 016	33 976 498
Comercio	1 092 779 493	1 168 453 325	1 221 964 020	1 301 301 456	1 366 967 249	1 396 400 934
Transportes, correos y almacenamiento	514 969 353	542 552 988	561 954 711	594 517 799	616 787 987	616 871 547
Información en medios masivos	199 192 741	222 587 663	241 679 542	267 439 241	298 439 207	322 370 301
Servicios financieros y de seguros	193 370 347	212 794 844	261 479 911	304 060 024	347 562 817	398 023 001
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	796 264 184	827 234 142	845 954 209	881 047 318	908 080 165	937 146 887
Servicios profesionales, científicos y técnicos	258 878 273	271 412 529	281 175 245	289 552 008	298 590 271	307 760 665
Dirección de corporativos y empresas	26 462 883	28 353 954	29 712 629	35 675 113	34 592 724	39 418 440
Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación	194 903 246	202 084 961	209 389 796	217 093 150	223 835 632	227 462 703
Servicios educativos	376 383 616	379 382 647	387 489 099	387 829 983	395 046 959	398 303 077
Servicios de salud y de asistencia social	223 302 801	224 106 329	228 036 008	245 781 284	252 001 262	248 792 087
Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	30 528 532	31 979 559	32 202 265	32 957 756	33 994 589	34 514 665
Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	212 505 644	219 887 109	221 545 442	225 002 805	230 761 687	232 732 666
Otros servicios excepto actividades del gobierno	206 611 209	210 492 141	215 135 505	222 131 124	230 791 933	232 347 870
Actividades del Gobierno	317 119 802	312 847 876	319 451 671	319 712 482	325 470 333	329 167 490
<i>SIFMI Servicios de intermediación financiera medidos indirectamente</i>	- 120 387 256	- 135 768 763	- 162 194 728	- 195 053 715	- 230 168 311	- 263 669 822

Fuente: INEGI. Dirección General de Estadísticas Económicas. Dirección General Adjunta de Cuentas Nacionales. Dirección de Cuentas de Corto Plazo y Regionales.

Anexo 4

Producto Interno Bruto de Coahuila de Zaragoza, 2003-2008. A precios de 2003. Unidad de medida: miles de pesos

Sector	2003	2004	2005	2006	2007	2008
TOTAL	234 361 478	244 762 877	249 904 404	265 940 007	270 838 007	275 920 781
Agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza	6 879 580	7 303 976	7 392 782	7 380 948	7 686 959	7 621 902
Minería	5 279 206	5 719 543	5 818 916	7 153 360	7 803 043	8 068 737
Electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final	3 862 979	3 901 011	3 923 986	4 357 738	4 481 993	4 140 362
Construcción	16 754 754	13 816 157	15 513 779	16 303 120	17 239 510	19 610 178
31-33 Industrias manufactureras	87 457 177	94 897 020	93 570 221	100 977 958	98 059 926	97 453 298
Industrias alimentaria, de las bebidas y del tabaco	7 591 506	8 327 316	8 595 796	9 136 509	9 378 753	9 433 369
Textiles, prendas de vestir y productos de cuero	4 181 658	4 066 374	3 670 329	3 688 835	3 874 984	5 988 973
Industria de la madera	126 063	114 024	92 783	89 506	81 515	64 589
Industrias del papel, impresión e industrias conexas	1 209 689	1 373 512	1 591 799	1 643 306	1 761 200	1 905 946
Derivados del petróleo y del carbón, industrias química, del plástico y del hule	4 299 861	4 701 836	4 887 652	4 879 547	4 957 065	5 173 708
Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	7 680 594	7 713 408	7 826 558	8 071 594	7 885 643	6 666 144
Industrias metálicas	18 314 535	18 383 405	16 837 625	18 741 205	19 015 035	19 252 683
Maquinaria y equipo	43 302 407	49 469 925	49 205 224	53 817 355	50 297 172	48 228 389
Fabricación de muebles y productos relacionados	515 717	505 074	618 911	664 543	574 547	528 221
Otras industrias manufactureras	235 147	242 146	243 544	245 558	234 011	211 277
Comercio	29 508 125	30 892 972	32 638 779	33 791 602	35 364 507	36 018 111
Transportes, correos y almacenamiento	17 556 082	18 311 493	19 290 867	20 997 705	22 518 847	22 186 631
Información en medios masivos	3 127 644	3 575 971	3 989 032	4 302 488	4 747 107	5 147 421
Servicios financieros y de seguros	2 239 467	2 339 166	2 773 907	3 549 987	3 964 457	5 480 305
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles	17 991 591	18 751 898	19 379 414	20 179 097	20 900 584	21 700 524

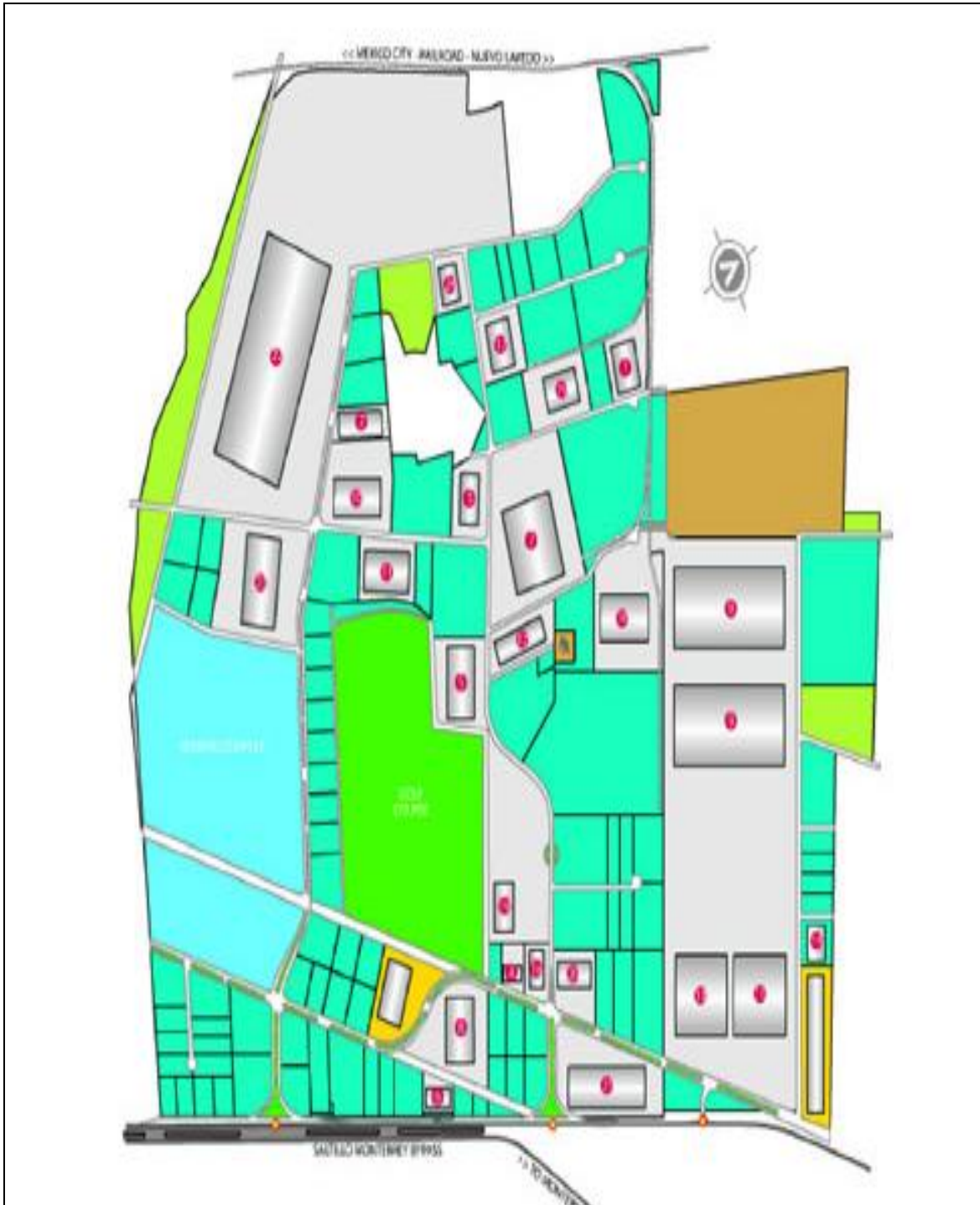
Continuación Anexo 4

Sector	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Servicios profesionales, científicos y técnicos	7 457 490	7 823 723	7 498 742	8 359 088	8 692 346	9 217 979
Dirección de corporativos y empresas	211 894	216 161	232 907	237 868	224 546	235 868
Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación	5 362 368	5 512 431	5 987 235	6 172 159	6 209 001	6 254 642
Servicios educativos	8 757 854	9 065 500	9 325 798	9 397 947	9 711 849	9 663 278
Servicios de salud y de asistencia social	6 704 620	6 742 164	6 607 783	7 454 982	7 798 146	7 830 970
Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros						
servicios recreativos	505 588	527 672	532 032	546 402	575 989	590 843
Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	4 817 211	5 175 512	5 148 866	5 052 823	5 136 305	5 635 906
Otros servicios excepto actividades del gobierno	4 361 352	4 563 958	4 530 993	4 638 037	4 828 018	4 897 903
Actividades del Gobierno	6 774 667	6 931 962	7 238 343	7 040 604	7 364 397	7 284 542
<i>Servicios de intermediación financiera medidos indirectamente</i>	<i>- 1 248 172</i>	<i>- 1 305 414</i>	<i>- 1 489 978</i>	<i>- 1 953 905</i>	<i>- 2 469 524</i>	<i>- 3 118 619</i>

Fuente: **INEGI**. Dirección General de Estadísticas Económicas. Dirección General Adjunta de Cuentas Nacionales. Dirección de Cuentas de Corto Plazo y Regionales.

Anexo 5

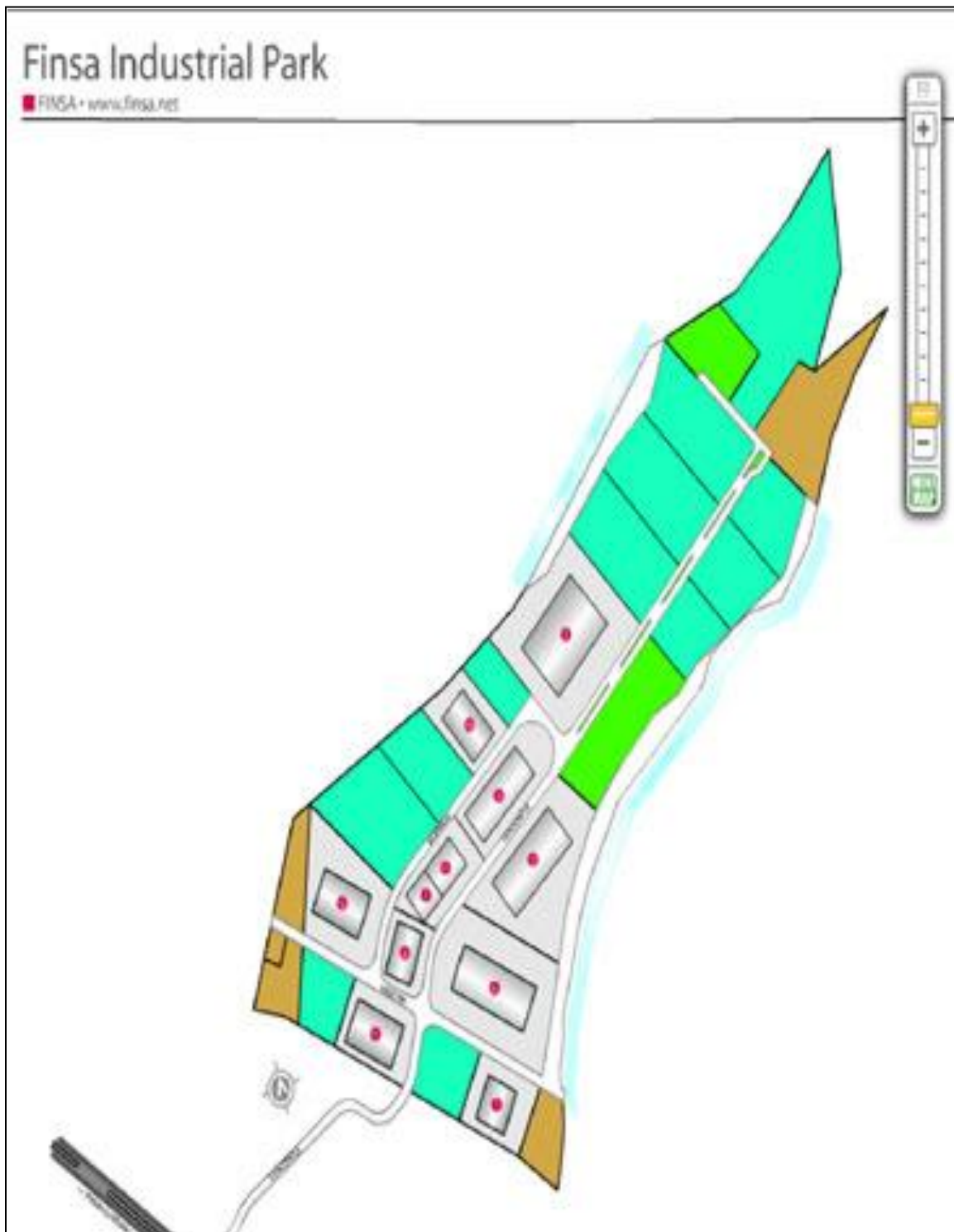
Ubicación y distribución del parque Santa María en la Zona Metropolitana de Saltillo



Fuente: FESEC (2010). Distribución de los parques industriales

Anexo 6

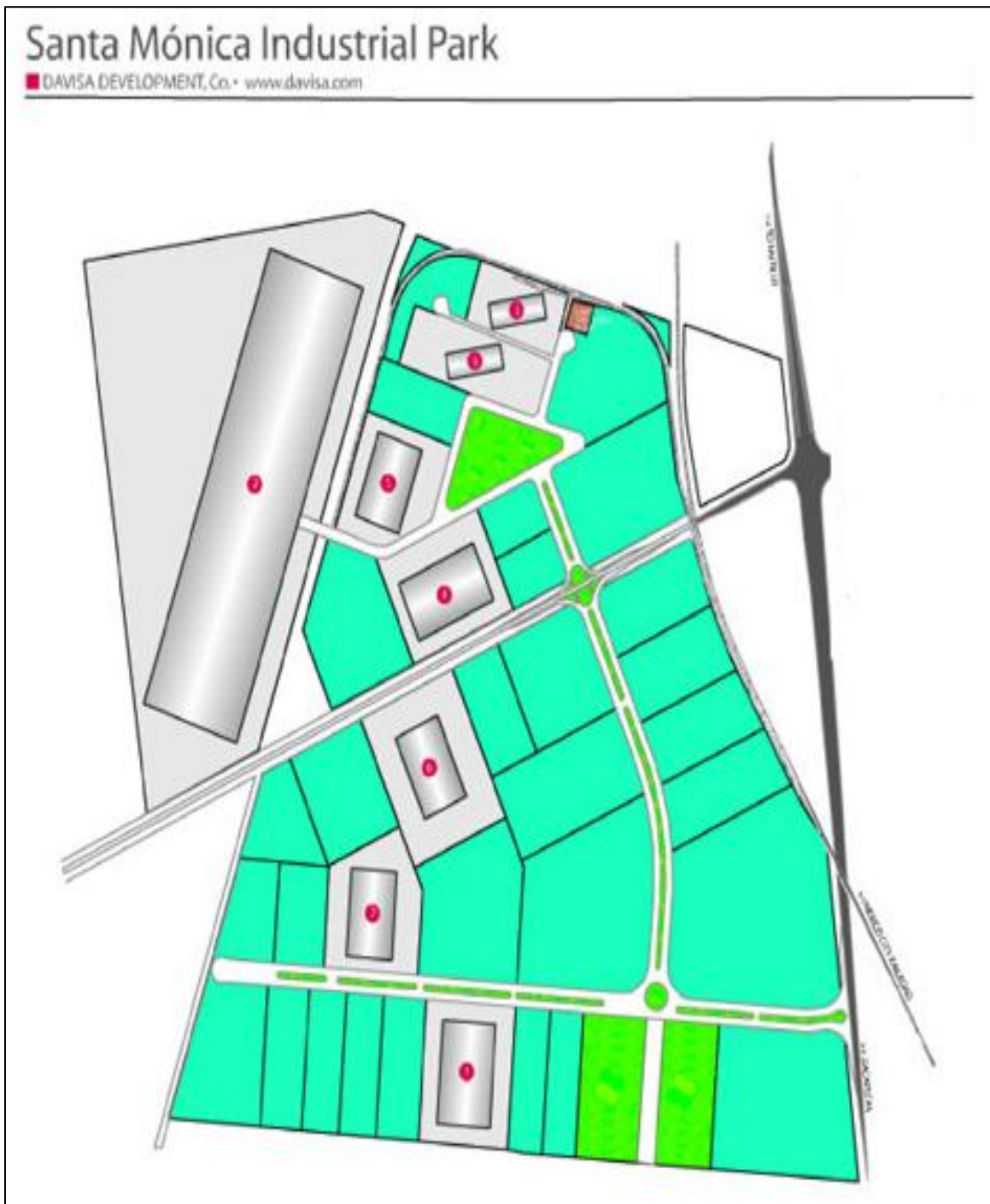
Ubicación y distribución del parque industrial Finsa en la Zona Metropolitana de Saltillo



Fuente: FESEC (2010). Distribución de los parques industriales

Anexo 7

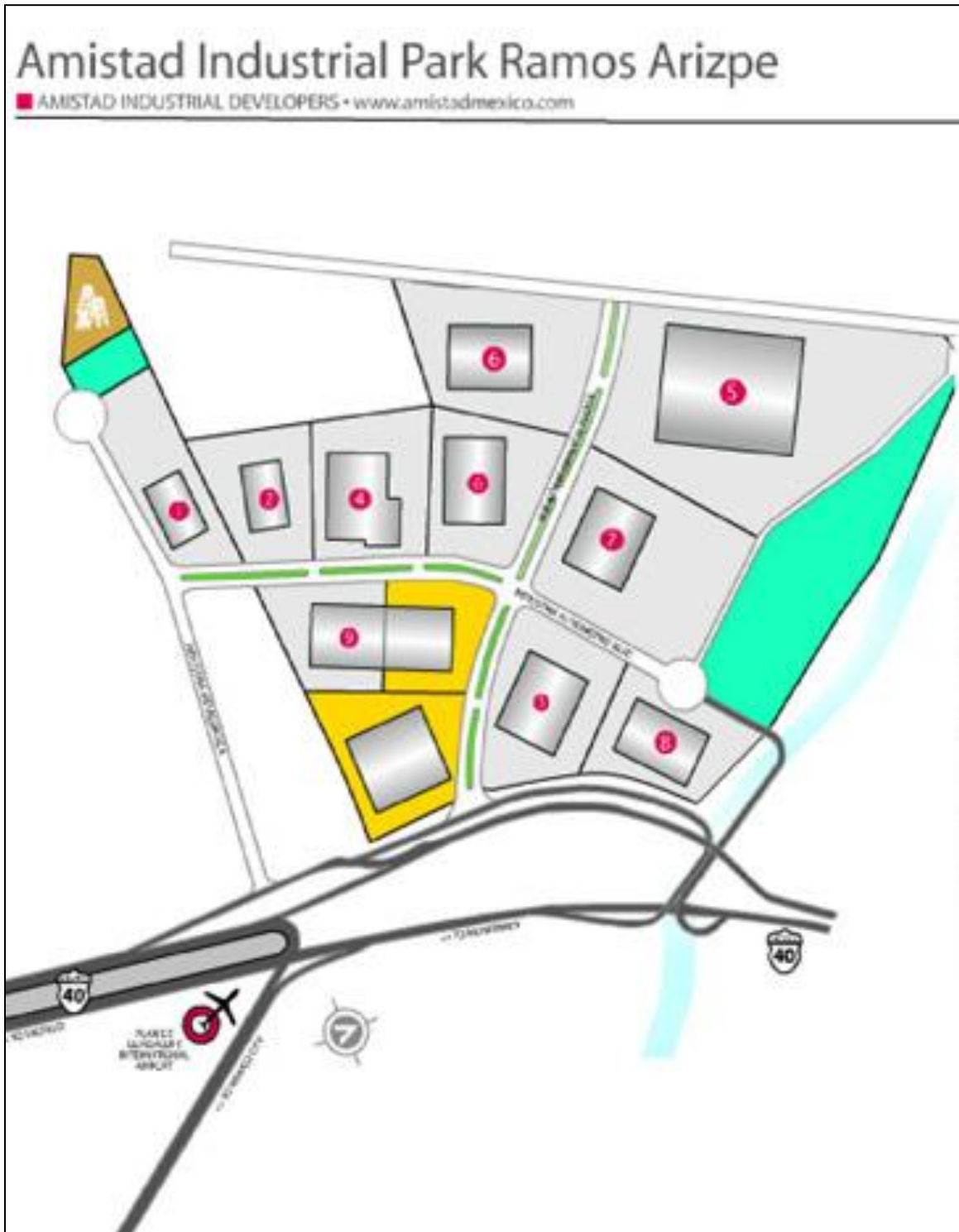
Ubicación y distribución del parque industrial Santa Mónica en la Zona Metropolitana de Saltillo



Fuente: FESEC (2010). Distribución de los parques industriales

Anexo 8

Ubicación y distribución del parque industrial Amistad Ramos Arizpe en la Zona Metropolitana de Saltillo



Fuente: FESEC (2010). Distribución de los parques industriales

Anexo 9

Ubicación y distribución del parque industrial Saltillo-Ramos Arizpe en la Zona Metropolitana de Saltillo



Fuente: FESEC (2010). Distribución de los parques industriales

Anexo 10

Ubicación y distribución del parque industrial la Angostura en la Zona Metropolitana de Saltillo



Fuente: FESEC (2010). Distribución de los parques industriales

Anexo 11

Demanda promedio mensual de agua por parte de la industria en la zona metropolitana de Saltillo, 1998-2009. Unidad de medida: litros

Mes	Año					
	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Enero	787,896,000	738,792,000	716,472,000	584,784,000	607,104,000	620,496,000
Febrero	711,648,000	667,296,000	647,136,000	528,192,000	548,352,000	560,448,000
Marzo	787,896,000	738,792,000	716,472,000	584,784,000	607,104,000	620,496,000
Abril	762,480,000	714,960,000	693,360,000	565,920,000	587,520,000	600,480,000
Mayo	787,896,000	738,792,000	716,472,000	584,784,000	607,104,000	620,496,000
Junio	762,480,000	714,960,000	693,360,000	565,920,000	587,520,000	600,480,000
Julio	787,896,000	738,792,000	716,472,000	584,784,000	607,104,000	620,496,000
Agosto	787,896,000	738,792,000	716,472,000	584,784,000	607,104,000	620,496,000
Septiembre	762,480,000	714,960,000	693,360,000	565,920,000	587,520,000	600,480,000
Octubre	787,896,000	738,792,000	716,472,000	584,784,000	607,104,000	620,496,000
Noviembre	762,480,000	714,960,000	693,360,000	565,920,000	587,520,000	600,480,000
Diciembre	787,896,000	738,792,000	716,472,000	584,784,000	607,104,000	620,496,000

Continuación Anexo 11

Mes	Año					
	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Enero	640,584,000	658,440,000	680,760,000	705,312,000	723,168,000	741,024,000
Febrero	578,592,000	594,720,000	614,880,000	637,056,000	653,184,000	669,312,000
Marzo	640,584,000	658,440,000	680,760,000	705,312,000	723,168,000	741,024,000
Abril	619,920,000	637,200,000	658,800,000	682,560,000	699,840,000	717,120,000
Mayo	640,584,000	658,440,000	680,760,000	705,312,000	723,168,000	741,024,000
Junio	619,920,000	637,200,000	658,800,000	682,560,000	699,840,000	717,120,000
Julio	640,584,000	658,440,000	680,760,000	705,312,000	723,168,000	741,024,000
Agosto	640,584,000	658,440,000	680,760,000	705,312,000	723,168,000	741,024,000
Septiembre	619,920,000	637,200,000	658,800,000	682,560,000	699,840,000	717,120,000
Octubre	640,584,000	658,440,000	680,760,000	705,312,000	723,168,000	741,024,000
Noviembre	619,920,000	637,200,000	658,800,000	682,560,000	699,840,000	717,120,000
Diciembre	640,584,000	658,440,000	680,760,000	705,312,000	723,168,000	741,024,000

Nota: para el cálculo mensual se considero febrero como de 28 días, abril, junio, septiembre y noviembre con 30 días el resto con 31 días

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por la CONAGUA (2010c). Oficio BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila

Anexo 12

Volumen de agua tratada a nivel industria y municipio dentro de la ZMS, 2004-2009

AGUAS RESIDUALES, POR MUNICIPIO Y TIPO DE SERVICIO									
2004-2009									
Año	Municipio	Capacidad instalada				Volumen Anual Tratado			
		(Litros por segundo)				(Metros cúbicos)			
	Tipo de servicio	Total	Primario a/	Secundario b/	Terciario c/	Total	Primario a/	Secundario b/	Terciario c/
2004	RAMOS ARIZPE								
	PÚBLICO	0.00	0	0.00	0	0	0	0	0
	PRIVADO	149.4d/	0	149.4d/	0	3,926,232	0	3,926,232	0
	SALTILLO								
	PÚBLICO	126d/	0	126d/	0	3,311,280	0	3,311,280	0
	PRIVADO	29.86d/	0	29.86d/	0	784,616	0	784,616	0
	ARTEAGA								
	PÚBLICO	f/	f/	f/	f/	f/	f/	f/	f/
PRIVADO	f/	f/	f/	f/	f/	f/	f/	f/	
2005	RAMOS ARIZPE								
	PÚBLICO	0.00	0	0.00	0	0	0	0	0
	PRIVADO	149.4d/	0	149.4d/	0	3,926,232	0	3,926,232	0
	SALTILLO								
	PÚBLICO	126d/	0	126d/	0	3,311,280	0	3,311,280	0
	PRIVADO	29.86d/	0	29.86d/	0	784,616	0	784,616	0
	ARTEAGA								
	PÚBLICO	f/	f/	f/	f/	f/	f/	f/	f/
PRIVADO	f/	f/	f/	f/	f/	f/	f/	f/	
2006	RAMOS ARIZPE								
	PÚBLICO	149.4d/	0	149.4d/	0	3,926,232	0	3,926,232	0
	PRIVADO	119.98d/	0	119.98d/	0	3,153,000	0	3,153,000	0
	SALTILLO								
	PÚBLICO	155.86d/	0	155.86d/	0	4,095,896	0	4,095,896	0
	PRIVADO	29.86d/	0	29.86d/	0	784,616	0	784,616	0
	ARTEAGA								
	PÚBLICO	f/	f/	f/	f/	f/	f/	f/	f/
PRIVADO	f/	f/	f/	f/	f/	f/	f/	f/	
2007	RAMOS ARIZPE								
	PÚBLICO	149.39d/	0	149.39d/	0	3,926,000	0	3,926,000	0
	PRIVADO	119.98d/	0	119.98d/	0	3,153,000	0	3,153,000	0
	SALTILLO								
	PÚBLICO	155.86d/	0	155.86d/	0	29,076,000	0	29,076,000	0
	PRIVADO	1,106.39d/	0	1,106.39d/	0	4,095,896	0	4,095,896	0
	ARTEAGA								
	PÚBLICO	f/	f/	f/	f/	f/	f/	f/	f/
PRIVADO	f/	f/	f/	f/	f/	f/	f/	f/	

Continuación anexo 12

PLANTAS DE TRATAMIENTO EN USO, CAPACIDAD INSTALADA Y VOLUMEN ANUAL TRATADO DE AGUAS RESIDUALES, POR MUNICIPIO Y TIPO DE SERVICIO									
2004-2009									
Año	Municipio	Capacidad instalada				Volumen Anual Tratado			
		(Litros por segundo)				(Metros cúbicos)			
		Tipo de servicio	Total	Primario a/	Secundario b/	Terciario c/	Total	Primario a/	Secundario b/
2008	RAMOS ARIZPE								
	PÚBLICO	149.39d/	0	149.39d/	0	3,926,000	0	3,926,000	0
	PRIVADO	119.98d/	0	119.98d/	0	3,153,000	0	3,153,000	0
	SALTILLO							0	
	PÚBLICO	1,106.39d/	0	1,106.39d/	0	29,076,000	0	29,076,000	0
	PRIVADO	155.86d/	0	155.86d/	0	4,095,896	0	4,095,896	0
	ARTEAGA								
	PÚBLICO	f/	f/	f/	f/	f/	f/	f/	f/
PRIVADO	f/	f/	f/	f/	f/	f/	f/	f/	
2009	RAMOS ARIZPE								
	PÚBLICO	160.00e/	0	160.00e/	0	3,153,000	0	3,153,000	0
	PRIVADO	163.38e/	0	163.38e/	0	3,926,000	0	3,926,000	0
	SALTILLO								
	PÚBLICO	992.00e/	0	992.00e/	0	29,076,000	0	29,076,000	0
	PRIVADO	236.38e/	0	236.38e/	0	4,095,896	0	4,095,896	0
	ARTEAGA								
	PÚBLICO	f/	f/	f/	f/	f/	f/	f/	f/
PRIVADO	f/	f/	f/	f/	f/	f/	f/	f/	

Nota: Se entiende por tipo de **servicio público**, a aquel brindado por las plantas de tratamiento que fueron diseñadas con el objetivo de tratar las aguas residuales generadas dentro de las localidades que son manejadas en los sistemas de alcantarillado municipales, urbano y rurales, también llamadas aguas municipales.

En cuanto al tipo de **servicio privado**, son aquellas plantas de tratamiento que fueron diseñadas con el objetivo de tratar las aguas residuales generadas dentro de las industrias y empresas prestadoras de servicios, también denominadas no municipales.

a/ Primario:<Ajuste de pH y remoción de materiales orgánicos y/o inorgánicos en suspensión con tamaño igual o mayor a 0.1 mm>

b/ Secundario:< Remoción de materiales orgánicos coloidales y disueltos>

c/ Terciario:< Remoción de materiales disueltos que incluyen gases, sustancias orgánicas naturales y sintéticas>

e/ Calculo en función del nivel de agua tratada

d/ Proporcionado por CNA

f/ Sin disponibilidad de información

Fuente: Comisión Nacional del Agua. Dirección Local Coahuila

Anexo 13

Metodología y cálculo del índice de incumplimiento para efecto de pago de derechos

La metodología para el cálculo del índice de incumplimiento, que sirve de base para la determinación del pago de derechos por incumplimiento en los límites permisibles para la descarga de residuos a los cuerpos receptores, que se indica a continuación, es vigente y aplicable en México, para contaminantes básicos: metales pesados y cianuros. (LFD, 2004).

A fin de elaborar el índice de incumplimiento, es necesario en primer término tomar y analizar una muestra del agua industrial, una vez que esta ha sido utilizada dentro de los procesos productivos. De los resultados del laboratorio, se ubica el contaminante que incluya la mayor concentración en mg/L . A éste se le resta el límite máximo permisible de acuerdo al **NOM-002-ECOL-1996** (la cual señala los límites máximos permitidos de contaminantes que deben ser descargados a la red de drenaje urbano o municipal).

Para convertir la concentración del contaminante más alto de mg/L a kg/m^3 , se multiplica por 0.001 (LFD, 2004. Artículo 278-C fracción III). El resultado obtenido se multiplica por el volumen de descarga que realiza la industria (en el caso suponemos que dentro del proceso se pierde el 30 por ciento del agua, ya sea por evaporación o por sedimentación) a los cuerpos receptores. De esta forma se determina la carga contaminante.

Una vez determinado el volumen de carga contaminante, se determina el índice de incumplimiento, el cual se describe a continuación, resaltando que el procedimiento para determinarlo se encuentra establecido en la Ley Federal de Derechos en su Artículo 278-C fracción III inciso a.

Para determinar el índice de incumplimiento y la cuota en pesos M.N. por kilogramo por sobrepasar los límites permisibles establecidas por las NOMs

respecto de residuos contaminantes, para obtener el monto del derecho para cada uno de los contaminantes básicos, metales pesados y cianuros, se procederá conforme a lo siguiente: *para cada contaminante que rebase los límites establecidos en la norma, se le restará el límite máximo permisible respectivo, cuyo resultado deberá dividirse entre el mismo límite máximo, obteniéndose así el índice de incumplimiento del contaminante* (LFD, 2004 art. 278-C fracc. III).

Una vez determinado el índice de incumplimiento para el contaminante más alto, se consulta la tabla 54. En ésta se selecciona el rango que le corresponda. Posteriormente se identifica la cuota en pesos M.N. por kilogramo de contaminante correspondiente al rango de incumplimiento (LFD, 2004). Para determinar el monto a cubrir por concepto de pago de derechos por descarga de residuos contaminantes, se multiplican los kilogramos de este ya determinados previamente por mes por la tarifa por kilogramo que corresponda al índice de incumplimiento. Hecho esto se obtiene el monto del derecho a cubrir por descargas de residuos que excedan los límites permisibles.

En la siguiente tabla se muestra el cálculo del índice de incumplimiento con el cual se realiza el estudio. Se parte de la idea de que una vez que el agua es utilizada dentro de los procesos productivos contiene altos niveles de hierro.

Periodo	Municipio	Parámetro	Muestra mg/L	Límite max. Permissible	(Muestra-LMP)/(0.001) Kg/m ³	Consumo de agua m ³ /mes	descarga m ³ /mes	Carga contaminante kg	Índice de incumplimiento	Cuota LFD (2004) art. 278-C fracc. III(\$/kg)	Derechos por descarga
Enero/2004	Ramos Arizpe	Hierro	11.5	2	0.0095	565,588.80	3,959,121.60	37,611.66	4.75	\$197.82	\$7,440,337.63
Enero/2004	Saltillo	Hierro	11.5	2	0.0095	475,094.62	3,325,662.34	31,593.79	4.75	\$197.82	\$6,249,883.97
Enero/2004	Arteaga	Hierro	0	2	0	ND	DN	ND	0	.	.

Fuente: Cálculos propios a partir de la metodología establecida en la LFD (2004). Artículo 278-C fracción III

Anexo 14

Detalle de cálculo de incrementos anuales de los salarios mínimos profesionales base de la liquidación por terminación colectiva de trabajo. Unidad de medida: pesos

Concepto	Herrero	Oficial	Oficial de hojalatería	Oficial de fundidora	Lub. Aut.	Operador	Moldero Fundición de metales	Mecánico tornero	Oficial de pintura automotriz	Sec.	Per. Advo.
Salario Diario 2010	76.35	78.28	77.79	79.95	70.78	79.95	75.37	77.17	76.35	82.14	108.94
Salario Diario 2011	79.40	81.41	80.90	83.15	73.61	83.15	78.38	80.26	79.40	85.43	113.30
Salario Diario 2012	82.58	84.67	84.14	86.47	76.56	86.47	81.52	83.47	82.58	88.84	117.83
Salario Diario 2013	85.88	88.05	87.50	89.93	79.62	89.93	84.78	86.81	85.88	92.40	122.54
Salario Diario 2014	89.32	91.58	91.00	93.53	82.80	93.53	88.17	90.28	89.32	96.09	127.44
Salario Diario 2015	92.89	95.24	94.64	97.27	86.11	97.27	91.70	93.89	92.89	99.94	132.54
Salario Diario 2016	96.61	99.05	98.43	101.16	89.56	101.16	95.37	97.64	96.61	103.93	137.84
Salario Diario 2017	100.47	103.01	102.37	105.21	93.14	105.21	99.18	101.55	100.47	108.09	143.36
Salario Diario 2018	104.49	107.13	106.46	109.42	96.87	109.42	103.15	105.61	104.49	112.41	149.09
Salario Diario 2019	108.67	111.42	110.72	113.79	100.74	113.79	107.28	109.84	108.67	116.91	155.06
Salario Diario 2020	113.02	115.87	115.15	118.35	104.77	118.35	111.57	114.23	113.02	121.59	161.26
Salario Diario 2021	117.54	120.51	119.75	123.08	108.96	123.08	116.03	118.80	117.54	126.45	167.71
Salario Diario 2022	122.24	125.33	124.54	128.00	113.32	128.00	120.67	123.55	122.24	131.51	174.42
Salario Diario 2023	127.13	130.34	129.53	133.12	117.85	133.12	125.50	128.49	127.13	136.77	181.39
Salario Diario 2024	132.21	135.56	134.71	138.45	122.57	138.45	130.52	133.63	132.21	142.24	188.65

Fuente: Elaboración propia en base a Salarios Mínimos Profesionales, publicados en el DOF el 31 de diciembre de 2009.

Continuación anexo 14

Detalle de cálculo de liquidaciones por terminación colectiva de trabajo de la industria metal-mecánica, durante el año 2020

Liquidaciones Personal Ocupado año 2020 Rama Metal Mecánica por terminación Colectiva de Relación Laboral Unidad de medida: miles de pesos							
Tipo de ocupación		Herrero	Oficial Electricista para Automóviles	Oficial de hojalatería para Automóviles	Oficial de fundidora	Lubricación Automóviles	Operador de maquinaria para fundición
Personal Ocupado /a		3,877	3,878	3,878	3,877	3,877	3,877
Tiempo Laborado (Años) /b	5	1,939	1,939	1,939	1,939	1,939	1,939
	10	892	892	892	892	892	892
	15	465	465	465	465	465	465
	20	388	388	388	388	388	388
	25	194	194	194	194	194	194
Salario Diario /c		\$ 0.1130	\$ 0.1159	\$ 0.1151	\$ 0.1183	\$ 0.1048	\$ 0.1183
Salario Mensual /d		\$ 3.39	\$ 3.48	\$ 3.45	\$ 3.55	\$ 3.14	\$ 3.55
Prima de Antigüedad /e	5	116,310.00	116,340.00	116,340.00	116,310.00	116,310.00	116,310.00
	10	107,005.20	107,032.80	107,032.80	107,005.20	107,005.20	107,005.20
	15	83,743.20	83,764.80	83,764.80	83,743.20	83,743.20	83,743.20
	20	93,048.00	93,072.00	93,072.00	93,048.00	93,048.00	93,048.00
	25	58,155.00	58,170.00	58,170.00	58,155.00	58,155.00	58,155.00
Liquidación Total por años trabajados /f (Miles de Pesos)	5	\$ 32,862.42	\$ 33,701.81	\$ 33,490.85	\$ 34,411.92	\$ 30,464.99	\$ 34,411.92
	10	\$ 21,163.40	\$ 21,703.97	\$ 21,568.11	\$ 22,161.28	\$ 19,619.45	\$ 22,161.28
	15	\$ 14,196.56	\$ 14,559.18	\$ 14,468.05	\$ 14,865.95	\$ 13,160.87	\$ 14,865.95
	20	\$ 14,459.46	\$ 14,828.80	\$ 14,735.98	\$ 15,141.25	\$ 13,404.59	\$ 15,141.25
	25	\$ 8,544.23	\$ 8,762.47	\$ 8,707.62	\$ 8,947.10	\$ 7,920.90	\$ 8,947.10
Gasto total en liquidaciones (Miles de Pesos)		\$ 91,226.07	\$ 93,556.24	\$ 92,970.61	\$ 95,527.49	\$ 84,570.81	\$ 95,527.49
Costo total por concepto de Liquidaciones		\$ 1,090,962.44					

Continuación anexo 14

Liquidaciones Personal Ocupado año 2020 Rama Metal Mecánica por terminación Colectiva de Relación Laboral Unidad de medida: miles de pesos						
Tipo de ocupación		Moldero Fundición de metales	Mecánico tornero	Oficial de pintura automotriz	Secretaria	Personal Administrativo
Personal Ocupado /a		3,877	3,877	3,878	3,490	5,234
Tiempo Laborado (Años) /b	5	1,939	1,939	1,939	1,745	2,617
	10	892	892	892	803	1,204
	15	465	465	465	419	628
	20	388	388	388	349	523
	25	194	194	194	175	262
Salario Diario /c		\$ 0.1116	\$ 0.1142	\$ 0.1130	\$ 0.1216	\$ 0.1613
Salario Mensual/d		\$ 3.35	\$ 3.43	\$ 3.39	\$ 3.65	\$ 4.84
Prima de Antigüedad /e	5	116,310.00	116,310.00	116,340.00	104,700.00	157,020.00
	10	107,005.20	107,005.20	107,032.80	96,324.00	144,458.40
	15	83,743.20	83,743.20	83,764.80	75,384.00	113,054.40
	20	93,048.00	93,048.00	93,072.00	83,760.00	125,616.00
	25	58,155.00	58,155.00	58,170.00	52,350.00	78,510.00
Liquidación Total por años trabajados /f (Miles de Pesos)	5	\$ 32,440.61	\$ 33,215.36	\$ 32,870.89	\$ 31,825.47	\$ 63,301.75
	10	\$ 20,891.75	\$ 21,390.69	\$ 21,168.86	\$ 20,495.60	\$ 40,766.33
	15	\$ 14,014.34	\$ 14,349.04	\$ 14,200.23	\$ 13,748.60	\$ 27,346.36
	20	\$ 14,273.87	\$ 14,614.76	\$ 14,463.19	\$ 14,003.21	\$ 27,852.77
	25	\$ 8,434.56	\$ 8,635.99	\$ 8,546.43	\$ 8,274.62	\$ 16,458.46
Gasto total en liquidaciones (Miles de Pesos)		\$ 90,055.13	\$ 92,205.84	\$ 91,249.60	\$ 88,347.50	\$ 175,725.67

Fuente: Elaboración Propia, en base a los artículos 434-436 de la Ley Federal del Trabajo

/a Para efectos del análisis, del personal ocupado total 8 de cada 100 son secretarías, de cada 50 empleados ocupados en la industria 6 son utilizados en puestos administrativos y 8 de cada 10 son empleados como obreros en las diversas clasificaciones propuestas

/b Para el cálculo de los años laborados por los trabajadores, se considero que la mitad de ellos llevaba laborando 5 años, 23 de cada 100 prestó servicios por diez años, 6 de cada 50 empleados quince años, 1 de cada 10 laboro veinte años y 5 de cada 100 por veinticinco años

/c Salario Profesional Mínimo Diario Zona Geográfica C, que se toma como base para el cálculo de liquidaciones, pues no excede en dos veces el salario mínimo diario vigente en la zona, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre de 2009

/d El salario mensual se calculo multiplicando el Salario Mínimo Profesional por treinta días

/e La prima de antigüedad se basa en el artículo 162 de la Ley Federal del Trabajo y asciende a doce días por cada año trabajado

/f El cálculo de las liquidaciones, se basa en el artículo 436 de la Ley Federal del Trabajo, cubre tres meses de sueldo más la prima de antigüedad correspondiente, para obtener las liquidaciones totales del total de trabajadores se multiplicó la liquidación por el número de trabajadores

Anexo 15

Memoria del cálculo del VAN y la TIR, considerando los beneficios fiscales por tratamiento de agua

Concepto	Años					
	0	1	2	3	4	5
Inversión Inicial						
Inmuebles	-\$13.39		-	-	-	-
Obra civil y equipamiento electromecánico de la PTAR	-\$152.94		-	-	-	-
Realización del Proyecto ejecutivo PTAR	-\$4.22		-	-	-	-
Periodo de estabilización y pruebas	-\$5.55		-	-	-	-
TOTAL	-\$176.10					
Ingresos						
Ahorros consumo agua	-	\$150.98	\$157.02	\$136.51	\$261.30	\$271.75
TOTAL	-	150.98	157.02	136.51	261.30	271.75
Costos						
Costos por extracción	-	-\$73.76	-\$78.85	-\$84.79	-\$91.36	-\$97.42
Costos de Operación	-	-\$30.53	-\$31.75	-\$33.02	-\$34.34	-\$35.71
TOTAL	-	-104.29	-110.60	-117.81	-125.70	-133.13
Margen de explotación	-	46.69	46.42	18.70	135.60	138.62
Gastos Financieros						
Depreciación Planta artículo 41 fracc XVI LISR	-	-176.10	-	-	-	-
Depreciación Terreno	-	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67
TOTAL	-	-176.77	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67
Beneficios Brutos	-	223.46	47.09	19.37	136.27	139.29
Impuesto al Activo (Terreno) Art 2 LIA		0.17	0.16	0.15	0.14	
Beneficios Netos	-176.10	223.29	46.93	19.22	136.13	139.29
VAN	1,094.32					
TIR	78.90%					

Continuación anexo 15

Concepto	Años					
	0	6	7	8	9	10
Inversión Inicial						
Inmuebles	-\$13.39	-	-	-	-	-
Obra civil y equipamiento electromecánico de la PTAR	-\$152.94	-	-	-	-	-
Realización del Proyecto ejecutivo PTAR	-\$4.22	-	-	-	-	-
Periodo de estabilización y pruebas	-\$5.55	-	-	-	-	-
TOTAL	-\$176.10					
Ingresos						
Ahorros consumo agua	-	\$312.75	\$325.26	\$338.27	\$351.80	\$365.87
TOTAL	-	312.75	325.26	338.27	351.80	365.87
Costos						
Costos por extracción	-	-\$103.82	-\$107.97	-\$112.29	-\$116.78	-\$121.45
Costos de Operación	-	-\$37.14	-\$38.63	-\$40.17	-\$41.78	-\$43.45
TOTAL	-	-140.96	-146.60	-152.46	-158.56	-164.90
Margen de explotación	-	171.79	178.66	185.81	193.24	200.97
Gastos Financieros						
Depreciación Planta artículo 41 fracc XVI LISR	-	-	-	-	-	-
Depreciación Terreno	-	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67
TOTAL	-	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67
Beneficios Brutos	-	172.46	179.33	186.48	193.91	201.64
Impuesto al Activo (Terreno) Art 2 LIA						
Beneficios Netos	-176.10	172.46	179.33	186.48	193.91	201.64
VAN	1,094.32					
TIR	78.90%					

Continuación anexo 15

Concepto	Años					
	0	11	12	13	14	15
Inversión Inicial						
Inmuebles	-\$13.39	-	-	-	-	-
Obra civil y equipamiento electromecánico de la PTAR	-\$152.94	-	-	-	-	-
Realización del Proyecto ejecutivo PTAR	-\$4.22	-	-	-	-	-
Periodo de estabilización y pruebas	-\$5.55	-	-	-	-	-
TOTAL	-\$176.10					
Ingresos						
Ahorros consumo agua	-	\$380.50	\$395.72	\$411.55	\$428.01	\$445.13
TOTAL	-	380.50	395.72	411.55	428.01	445.13
Costos						
Costos por extracción	-	-\$126.31	-\$131.36	-\$136.62	-\$142.08	-\$147.76
Costos de Operación	-	-\$45.19	-\$47.00	-\$48.88	-\$50.83	-\$52.86
TOTAL	-	-171.50	-178.36	-185.49	-192.91	-200.63
Margen de explotación	-	209.00	217.36	226.06	235.10	244.50
Gastos Financieros						
Depreciación Planta artículo 41 fracc XVI						
LISR	-	-	-	-	-	-
Depreciación Terreno	-	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67
TOTAL	-	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67
Beneficios Brutos	-	209.67	218.03	226.73	235.77	245.17
Impuesto al Activo (Terreno) Art 2 LIA						
Beneficios Netos	-176.10	209.67	218.03	226.73	235.77	245.17
VAN	1,094.32					
TIR	78.90%					

Continuación anexo 15

Concepto	Años						
	0	16	17	18	19	20	21
Inversión Inicial							
Inmuebles	-\$13.39	-	-	-	-	\$ 13.39	
Obra civil y equipamiento electromecánico de la PTAR	-\$152.94	-	-	-	-	-	45.88
Realización del Proyecto ejecutivo PTAR	-\$4.22	-	-	-	-	-	0
Periodo de estabilización y pruebas	-\$5.55	-	-	-	-	13.39	45.88
TOTAL	-\$176.10						
Ingresos							
Ahorros consumo agua	-	\$462.94	\$481.46	\$500.72	\$520.74	\$541.57	\$563.24
TOTAL	-	462.94	481.46	500.72	520.74	541.57	563.24
Costos							
Costos por extracción	-	-\$153.67	-\$159.82	-\$166.21	-\$172.86	-\$179.78	-\$186.97
Costos de Operación	-	-\$54.98	-\$57.18	-\$59.47	-\$61.84	-\$64.32	-\$66.89
TOTAL	-	-208.65	-217.00	-225.68	-234.71	-244.10	-253.86
Margen de explotación	-	254.29	264.46	275.04	286.03	297.47	309.38
Gastos Financieros							
Depreciación Planta artículo 41 fracc XVI LISR	-	-	-	-	-	-	-
Depreciación Terreno	-	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67
TOTAL	-	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67	0.00
Beneficios Brutos	-	254.96	265.13	275.71	286.70	298.14	309.38
Impuesto al Activo (Terreno) Art 2 LIA							
Beneficios Netos	-176.10	254.96	265.13	275.71	286.70	311.53	355.26
VAN	1,094.32						
TIR	78.90%						

Fuente: Elaboración Propia. Cálculos realizados en base a datos proporcionados por Ingeniería Básica, licitación de la PTARs del municipio de Ramos Arizpe y Fomento Económico Sureste de Coahuila, A.C., las tarifas previstas por la LFD (2004), con datos proporcionados por la CNA (2010b y c). Oficios BOO.E.21.0192 de fecha 25 de marzo de 2010, emitido por la dirección local Coahuila y oficio CI-CONAGUA.-0216/10 de fecha 25 de junio de 2010, emitido por el comité de información de la Comisión Nacional del Agua. Así como de los Censos Económicos 2009. Así mismo se aplicaron las tasas y beneficios fiscales vigentes por el tratamiento y reciclado del agua que prevé el artículo 41 fracción XVI de la Ley del Impuesto Sobre la Renta, por lo que hace al Impuesto al Activo, se aplico una tasa del 1.25 por ciento hasta el año 2007, por derogación de esta ley. Los costos se incrementaron a una razón del 4 por ciento anual a partir del año 2005.