

# MANIFIESTO DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD PARTICULAR (INCLUYE ACTIVIDAD ALTAMENTE RIESGOSA) “CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PROYECTO DENOMINADO LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PTAR ATOTONILCO”

---





# CAPITULO I

## DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

---



## Tabla de contenido

I.1 Nombre del Proyecto .....	5
I.1.1 Ubicación del Proyecto .....	5
I.1.2 Tiempo de Vida Útil del Proyecto .....	5
I.2 Promovente .....	6
I.2.1 Nombre o Razón Social .....	6
I.2.3 Registro Federal de Contribuyentes del Promovente.....	6
I.2.4 Nombre y Cargo del Representante Legal .....	6
I.2.5 Dirección del Promovente o de su Representante Legal .....	6
I.3 Responsable de la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental .....	7
I.3.1 Nombre o Razón Social .....	7
I.3.2 Nombre del Responsable Técnico del Estudio.....	7
I.3.3 Dirección del Responsable Técnico del Estudio.....	7
II.1 Antecedentes .....	11
II. 2 Naturaleza del Proyecto.....	16
II. 2.1 Origen de las Aguas Recibidas.....	17
II.2.2 Características del Agua Residual Cruda Influyente.....	22
II.3 Selección del Sitio.....	22
II.4 Ubicación Física del Proyecto y Planos de Localización.....	22
II.5 Inversión Requerida .....	23
II.6 Dimensiones del Proyecto.....	23
II.7 Servicios que Requiere la PTAR.....	23
II.8 Características Particulares del Proyecto .....	26
II.9 Descripción del Proceso de Tratamiento que Recibirá el Agua.....	26
II.9.1 Procesos y Pasos Involucrados en el Tratamiento.....	28
II.9.2 Tratamiento Primario y Secundario .....	29

II.9.3 Tren de Proceso Convencional (TPC) .....	30
II.9.4 Tren de Proceso Químico (TPQ).....	37
II.9.5 Capacidad de Diseño de la Planta.....	43
II.9.6 Calidad Esperada del Agua Después del Tratamiento.....	45
II.9.7 Manejo de Lodos.....	51
II.9.8 Características Esperadas de los Lodos de la Planta de Tratamiento .....	71
II.9.9 Etapa de Construcción .....	72
II.9.10 Etapa de Operación y Mantenimiento.....	74
II.9.11 Descripción de Obras Asociadas al Proyecto .....	75
II.9.12 Edificios .....	84
II.10 Etapa de Abandono del Sitio.....	96



# CAPITULO I, DATOS GENERALES DEL PROYECTO

---

## I.1 Nombre del Proyecto

### “CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) ATOTONILCO”

#### I.1.1 Ubicación del Proyecto

El proyecto se ubica dentro del Municipio de Atotonilco de Tula entre las localidades de San José Acoculco y Melchor Ocampo (El Salto), municipio de Tepeji del Río, en el estado de Hidalgo, entre los paralelos 19° 58´12” y 19° 57´11” de latitud norte y los meridianos 99°17´06” y 99°18´17” de longitud oeste. El predio adquirido tiene una superficie total disponible de 158.514250 ha, la configuración superficial es propia de la ladera de un cerro con un desnivel de más de 60.00 m entre la cota más baja y la más alta y lo cruzan el canal de aguas para riego El Salto-Tlamaco y la línea del Ferrocarril México-Querétaro.

El acceso al sitio de la PTAR es por la autopista México-Querétaro hasta llegar al km. 68+400 donde existe la desviación a la carretera Tepeji-Tula. Después de recorrer 3 km, se encuentra la desviación hacia el poblado de Melchor Ocampo, poco antes de llegar a la población, se toma a la izquierda por un camino de terracería que conduce al portal de salida del Emisor Central, en el cruce con el Río “El Salto” y aproximadamente a 500 m. aguas abajo sobre el margen derecho del río se encuentra el predio donde se ubica la PTAR.

#### I.1.2 Tiempo de Vida Útil del Proyecto

El proyecto tendría una vida útil de 25 años, sin embargo con mantenimiento adecuado y la renovación de equipos es posible alargar este período.

**Tabla 1. Criterios para la vida útil del proyecto**

<b>Estructura o Equipo</b>	<b>Vida Útil (Años)</b>
Terreno	Permanente
Estructuras para manejo de las aguas residuales (alcantarillado y tuberías de la PTAR)	50
Obra Civil de otras estructuras (edificios, tanques de almacenamiento, estaciones de bombeo, etc.)	50
Equipo de Proceso*	15
Equipo Complementario**	15
Instalaciones electromecánicas y de control	20

\* Equipos de Proceso son aquellos que están directamente relacionados con las operaciones y procesos unitarios de la PTAR.

\*\* Equipos Complementarios son aquellos que sirven en labores auxiliares a los de proceso, pero, que en alguna forma, son prescindibles en las operaciones unitarias de la PTAR.

## **I.2 Promovente**

### **I.2.1 Nombre o Razón Social**

#### **Aguas Tratadas del Valle de México ATVM**

### **I.2.4 Nombre y Cargo del Representante Legal**

Lic. Carlos Alberto Facha Lara



## I.3 Responsable de la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental

### I.3.1 Nombre o Razón Social

Bióloga: Sonia Ponce Nava Treviño

### I.3.2 Nombre del Responsable Técnico del Estudio.

Bióloga: Sonia Ponce Nava Treviño

Conforme al Artículo 36 del Reglamento en Materia de Impacto Ambiental este Estudio de Impacto Ambiental se elaboró de acuerdo lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; su Reglamento en materia de Impacto Ambiental, las normas oficiales mexicanas correspondientes y demás ordenamientos legales aplicables al caso.

Así mismo los resultados que se presentan, fueron obtenidos a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías utilizadas comúnmente por lo tanto las medidas de prevención y mitigación que aquí se presentan son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales que se identificaron para este proyecto en particular.


**Determinación de costos a pagar por el trámite.**

**Tabla A**

<b>Criterio ambiental</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Valor</b>
Incide en áreas ambientalmente sensible o ecosistemas únicos (bosque mesófilo, matorrales xerófilos, matorral costero, selva alta perennifolia o humedales)	No	1
	Si	3
Requirió estimar capacidad de uso de recursos naturales renovables (aprovechamiento).	No	1
	Si	3
Requirió del análisis de compatibilidad con algún instrumento de planeación y regulación ambiental	No	1
	Si	3
Requirió evaluar impactos ambientales ocasionados por la pérdida de vegetación (cambio de uso del suelo)	No	1
	Si	3
Se realizaron análisis específicos sobre especies bajo alguna de las categorías de riesgo en el área del proyecto.	No	1
	Si	3
Se requirió evaluar el efecto acumulativo y/o sinérgico del proyecto en área del proyecto.	No	1
	Si	3
Se requirió evaluar el efecto acumulativo y/o sinérgico del proyecto en área de influencia	No	1
	Si	3
Requirió del análisis de riesgo por estar considerada como una actividad altamente riesgosa	No	1
	Si	3
El proyecto comprende una de las actividades listadas en el artículo 5° del Reglamento de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental, o un conjunto de las actividades antes mencionadas.	Una obra o actividad	1
	Un conjunto de obras y/o actividades	3
El área de influencia del proyecto o sistema ambiental regional es:	Superficie del proyecto y área de influencia hasta de	1



Criterio ambiental	Respuesta	Valor
	10 hectáreas	
	Superficie del proyecto y área de influencia de más de 10 y hasta 100 hectáreas	2
	Superficie del proyecto y áreas de influencia de más de 100 hectáreas.	3

 Calificación obtenida **26 puntos**, y tomando de referencia la tabla B, el grado es Alto

**Tabla B**

Grado	Cuota a pagar	Rango (clasificación)
Mínimo	a)	Hasta 16
Medio	b)	De más de 16 y hasta 23
<b>Alto</b>	<b>c)</b>	<b>De más de 23</b>

Para determinar las cuotas que le corresponden pagar, se debe calificar cada uno de los criterios de la tabla y su calificación será de acuerdo a la suma de valores obtenidos (tabla B). Obtenidos el monto a pagar del artículo 194-H, inciso II, de la Ley federal de Derechos Vigentes

# CAPITULO II DESCRIPCION DEL PROYECTO





## II.1 Antecedentes

Con fecha 18 de junio de 2008, la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) autorizó en materia de impacto ambiental, el proyecto denominado “**Proyecto para la construcción del Túnel Emisor Oriente, para incrementar la capacidad de desalojo de aguas residuales y pluviales del Valle de México y disminuir los riesgos de inundación a la población asentada en la zona**” a través del oficio resolutivo número **S.G.P.A./DGIRA.DG.1908.08**.

En el Término Octavo, inciso 2 del mencionado oficio resolutivo, la DGIRA indicó la necesidad de ampliar la capacidad de tratamiento proyectada, para las 5 plantas de tratamiento propuestas; mismo que a la letra indica:

*“2.-Conforme a lo manifestado en la MIA-P e Información Complementaria, se tiene contemplado(sic) la construcción y operación de 5 plantas de tratamiento para un volumen de 40m<sup>3</sup>/seg, sin embargo esta capacidad no es suficiente por lo que deberá la promovente proponer a esta DGIRA previo a la entrada de operación del proyecto, alternativas para ampliar la capacidad proyectada de las mismas, en específico la de El Salto, para tratar al menos la descarga promedio anual de agua residual manifestada de 52 m<sup>3</sup>/seg.”*

Con base en lo anterior, la **Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)** en cumplimiento al Término Octavo inciso 2 mencionado, ingresó al proceso de Evaluación de Impacto Ambiental el 15 de julio del 2010, mediante el oficio número **BOO 03.04.-216 (Anexo 1)**, de fecha del 12 de julio del 2010, la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad particular y el Estudio de Riesgo, Nivel 2, del proyecto denominado: “**La obra que da cumplimiento a lo dispuesto en la condicionante número dos del Resolutivo de la Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto Túnel Emisor Oriente**”, proyecto al que se le asignó la clave **13HI2010H0006**; mismo que fue evaluado y autorizado mediante el oficio resolutivo número **S.G.P.A.-DGIRA.-DG.6159.10**; de fecha del 26 de agosto del 2010 (*Anexo 2*).

El proyecto consiste en la construcción y operación de una planta para tratamiento de aguas residuales (PTAR), mediante un tratamiento primario y secundario. La PTAR contará con dos trenes de tratamiento, un tren de tratamiento biológico denominado tren de proceso convencional TPC con una capacidad nominal de 23 metros cúbicos por segundo y un tren de tratamiento biológico denominado tren de proceso químico TPQ, cuya capacidad nominal de tratamiento será de 12 metros cúbicos por segundo; dichos procesos en su conjunto contarán con una capacidad nominal de tratamiento de 23 metros cúbicos por segundo, con una capacidad de gasto medio de 42 metros cúbicos por segundo en los meses de lluvia. La desinfección de las aguas residuales en la PTAR se hará mediante el uso de gas Cloro, mismo que será transportado por ferrocarril en 8 carros tanque de 70 toneladas cada uno, 4 tanques en uso estarán llenos en el interior del edificio encapsulado y 4 tanques vacíos de dicho edificio de reserva, por otra parte se contará con obras complementarias como una espuela de ferrocarril para recibir el gas cloro y un helipuerto. El agua tratada será descargada a dos corrientes, la primera al canal El Salto-Tlamaco, que será utilizado para riego agrícola alimentando directamente las zonas de riego del Valle del Mezquital y la segunda al Río El Salto de cuyo cauce derivan canales de riego, principalmente el Canal Viejo Requena que descarga actualmente sus excedentes a la Presa Endhó.

Cabe mencionar que el oficio resolutivo **S.G.P.A.-DGIRA.-DG.6159.10**; de 26 de agosto del 2010 en su **Condicionante 3 inciso a.** establece lo siguiente:

*“a. Elaborar y presentar a esta DGIRA en un plazo de de(sic) **90 días hábiles** contados a partir de la recepción del presente oficio resolutivo, una propuesta de las obras y acciones que llevará a cabo la promovente para la desinfección del agua a tratar sin el empleo de sustancias altamente riesgosas, para que sea revisada y autorizada por esta DGIRA previo a su implementación.”*

Con base en la solicitud que se menciona, la CONAGUA, a través de su Gerente de Cuencas Fronterizas ingresó el oficio número **BOO.03.04.-0299** (*Anexo 3*), con fecha del 6 de octubre del 2010, con acuse de recibo del día 7 del mismo mes y año en el que se solicitó la modificación del proyecto en comento, con el propósito de presentar una propuesta de obras y acciones para desinfectar el agua a tratar, sin el empleo de sustancias altamente riesgosas.

En respuesta a la mencionada solicitud, la DGIRA, mediante el oficio resolutivo **S.G.P.A./DGIRA/DG/7400/10.**, de fecha del 13 de octubre del 2010 (*Anexo 4*), en su Término Segundo modificó, el **Termino Primero** del oficio resolutivo **S.G.P.A.-DGIRA.-DG.6159.10**; emitido previamente.

La empresa Aguas Tratadas del Valle de México S.A. de C.V. (ATVM) emitió el escrito **con fecha del 10 de noviembre del 2010** (*Anexo 5*), mediante el cual ATVM notificó en tiempo y forma a la PROFEPA Delegación en el Estado de Hidalgo, el **inicio de obras el día 22 de septiembre del año 2010.**

El 01 de febrero del 2011 la Gerencia de Cuencas Transfronterizas de la CONAGUA emitió el oficio número **BOO.03.04.-0026**, mediante el cual se remitió el original del Acuerdo de Transferencia de Derechos y Obligaciones a la empresa Aguas Tratadas del Valle de México, S. A. de C. V.

El 19 de abril del 2011 la Gerencia de Cuencas Transfronterizas de la CONAGUA emitió el oficio número **BOO.03.04.-01080**, mediante el cual se remitió el original del Acuerdo de Transferencia de Derechos y Obligaciones a la empresa Aguas Tratadas del Valle de México, S. A. de C. V. Ambos oficios relativos al proyecto denominado: **“La obra que da cumplimiento a lo dispuesto en la condicionante número dos del Resolutivo de la Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto Túnel Emisor Oriente”**.

El 26 de mayo del 2011 la DGIRA emitió el oficio número **S.G.P.A.-DGIRA.-DG.-3796.11** (*Anexo 6*) mediante el cual la DGIRA aceptó el acuerdo de transferencia de derechos y obligaciones, quedando como responsable del cumplimiento de las autorizaciones de impacto ambiental la empresa **Aguas Tratadas del Valle de México S. A. de C. V. (ATVM)**

El 30 de mayo del 2011 la empresa **ATVM** se registró ante las oficinas de la Delegación del Estado de Hidalgo de la SEMARNAT como generador de residuos peligrosos, quedando registrado el trámite con el número de Bitácora Ambiental 13/EV-0222/05/11 y el número de registro ambiental (NRA) **ATVS711301311**, (*Anexo 7*).



El 20 de diciembre del 2010 mediante el escrito **B00.0304.-403** (*Anexo 8*) se presentaron a DGIRA las condicionantes 2, 3c, 3d, 3e y 3f que fueron los programas ambientales de rescate y reubicación de flora, fauna, reforestación, propuesta de garantía y programa de monitoreo ambiental, de la autorización en Materia de Impacto Ambiental **SGPA.-DGIRA.-DG.-6159/10** de fecha del 26 de Agosto de 2010.

El 07 de septiembre del 2011 mediante el oficio **SGPA/DGIRA/DG/6877** (*Anexo 9*) se da por enterada DGIRA la entrega de los programas ambientales.

El 30 de septiembre del 2011, mediante el escrito número **ATVM/SEMARNAT/019.2011** (*Anexo 10*) **ATVM** ingresó el primer Reporte Anual de Vigilancia Ambiental dando así formal cumplimiento a las condicionantes establecidas en el TERMINO OCTAVO del oficio resolutivo número **SGPA.-DGIRA.-DG.-6159/10** de fecha del 26 de Agosto de 2010, así como con el oficio resolutivo número **S.G.P.A/DGIRA/DG/7400/10** de fecha 13 de Octubre del 2010.

Mediante el oficio **ATVM/PROFEPA/025.2011** (*Anexo 11*) de fecha 10 de octubre 2011, con fecha de recepción de 18 de octubre 2011, se entregó copia del escrito mediante el cual dicha empresa entregó el primer Reporte Anual de Vigilancia Ambiental a las oficinas de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) en el Estado de Hidalgo.

ATVM mediante el escrito **ATVM/SEMARNAT/122-2012** (*Anexo 12*) de 16 de febrero 2012, presento ante la DGIRA las condicionante 3 incisos a, b, g y h, de la autorización de Materia de Impacto Ambiental **SGPA.-DGIRA.-DG.-6159/10** de fecha del 26 de Agosto de 2010.

**ATVM** mediante el escrito número **ATVM/PROFEPA/148-2012** (*Anexo 13*) de fecha 8 marzo de 2012 le informa a la Delegación de la PROFEPA en el Estado de Hidalgo que el 10 de enero de 2012 ATVM presento a la SEMARNAT el original de la entrega de la fianza de garantía por el monto de los costos del estudio técnico económico para el proyecto denominado “**La obra que da cumplimiento a lo dispuesto en la condicionante número dos del Resolutivo de la Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto Túnel Emisor Oriente**”.

El 22 de febrero del 2012, la empresa ATVM realizó la entrega del escrito número **ATVM/SEMARNAT/128-2012** (*Anexo 14*), a la SEMARNAT Hidalgo, mediante el cual la empresa ATVM solicitó la opinión técnica sobre los bancos de tiro que utilizará para el depósito de material producto de las excavaciones que tuvieron que realizarse en el proyecto.

El 13 de Marzo de 2012 mediante los oficios **SEMARNATH/ DCA/0628/2012, SEMARNATH/ DCA/0745/2012, SEMARNATH/DCA/0747/2012, SEMARNATH/DCA/0739/2012, SEMARNATH/ DCA/0738/2012, SEMARNATH/DCA/0740/2012, SEMARNATH/DCA/0741/2012, SEMARNATH/ DCA/0742/2012, SEMARNATH/DCA/0743/2012, SEMARNATH/DCA/0744/2012, SEMARNATH/ DCA/0746/2012, SEMARNATH/ DCA/0748/2012** (*Anexo 15*), la Secretaría de Medio Ambiente y Recurso Naturales a través de su titular da respuesta a la solicitud de ATVM formulada mediante oficio **ATVM/SEMARNAT/128-2012** (*Anexo 13*), que “*después del análisis de información aportada no existe inconveniente en la disposición de dichas tierras.*”

El 07 de marzo del 2012 la DGGIMAR aprobó el “Proyecto para la Prevención de Accidentes” mediante el oficio número **DGGIMAR.710/001928** (*Anexo 16*) registrando el proyecto con el No. de bitácora: 09/AZ-0976/01/12,

El 30 de marzo del 2012 la DGIRA se da por enterada de la entrega de este primer Reporte de Vigilancia Ambiental, a través del oficio **S.G.P.A./DGIRA/DG./2519/11** (*Anexo 17*), por medio del cual reconoce el cumplimiento respecto a la programación de las acciones a desarrollar, la calendarización para su ejecución, los sitios para llevar a cabo la reubicación de la flora y fauna, las áreas a reforestar, las personas y grupos encargados de ejecutarlas, así como las personas que deben supervisar el cumplimiento de dichas acciones.

ATVM mediante el escrito número **ATVM/SEMARNAT/177-2012** (*Anexo 18*) de fecha 3 abril del 2012 informa a la DGIRA sobre las modificaciones que ha sufrido el proyecto.

El 4 de abril del 2012 mediante el escrito número **ATVM/PROFEPA/179-2012** (*Anexo 19*) la empresa, **ATVM** le notificó a la PROFEPA lo concerniente al aviso de la opinión técnica de los bancos de depósito y las modificaciones que ha sufrido el proyecto.

El 18 de abril del 2012 la DGIRA mediante el oficio número **SGPA/DGIRA/DG/2948** (*Anexo 20*); emite la respuesta al escrito número ATVM/SEMARNAT/177-2012, solicitando a la empresa ATVM que las modificaciones a realizar al proyecto deberán de ser tramitadas a través del trámite COFEMER SEMARNAT número 04-008. Por otra parte la DGIRA notifica que se da por enterada de lo solicitado.

Mediante el escrito número **ATVM/SEMARNATH/146-2012** (*Anexo 21*) de fecha 23 de abril de 2012 con fecha de recepción 25 de abril de 2012, solicitó a la SEMARNATH el Alta como Generador de Residuos de Manejo Especial, así como la respectiva bitácora, quedando a la espera de la respuesta de la autoridad.

Mediante el escrito número **ATVM/SEMARNAT/203-2012** (*Anexo 22*) de fecha 26 de abril ATVM solicita las modificaciones al proyecto dicha se ingresa mediante el trámite COFEMER SEMARNAT 04-008.

El 02 de Mayo de 2012 la DGIRA mediante el oficio número **SGPA/DGIRA/DG/3318** (*Anexo 23*) la DGIRA se da por enterada del oficio **ATVM/SEMARNAT/122-2012** recibiendo e integrando al expediente administrativo del proyecto, y enterando se del uso del gas cloro para desinfección del agua cuya propuesta fue autorizada por la DGIRA con el oficio SGPA/DGIRA/7400710 con fecha de octubre de 2010.

El 08 de mayo del 2012 la DGIRA mediante oficio número **SGPA/DGIRA/DG/3456/2012** (*Anexo 24*) autorizó las modificaciones solicitadas al proyecto, quedando pendiente la entrega de estudio de riego del gasómetro adicional, que será entregado junto con esta Evaluación de Impacto.

Mediante el escrito número **ATVM/SEMARNAT/308-2012** (*Anexo 25*) con fecha 07 de agosto de 2012 **ATVM** entregó con fecha de recepción 29 de agosto el Segundo Reporte Anual de Vigilancia Ambiental dando así formal cumplimiento a las condicionantes establecidas en el TERMINO OCTAVO del oficio resolutivo número **SGPA.-DGIRA.-DG.-6159/10** de fecha del 26

de Agosto de 2010, así como con el oficio resolutivo número **S.G.P.A/DGIRA/DG/7400/10** de fecha 13 de Octubre del 2010.

Mediante el escrito número **ATVM/SEMARNAT/330-2012** (*Anexo 26*) con fecha 22 de agosto del 2012 ATVM, solicitó a la DGIRA la ampliación de la vigencia de la autorización de Impacto Ambiental para la realización de las etapas de preparación y construcción del proyecto.

El 16 de octubre de 2012 mediante el oficio **SGPA/DGIRA/DG/8329** (*Anexo 27*), determina que la solicitud de ampliación de plazo para la etapa de preparación del sitio y construcción del proyecto, no es procedente dado que no fue presentada en tiempo; por lo que ha sido necesario preparar un nuevo estudio de Impacto Ambiental con el propósito de solicitar nuevamente la autorización de impacto ambiental para la construcción y operación de la PTAR Atotonilco; lo anterior, derivado de que, la etapa de preparación del sitio ha sido concluida al amparo del oficio resolutivo número **S.G.P.A.-DGIRA.-DG.6159.10** (*Anexo 2*); con fecha del 26 de agosto del 2010.

El 14 de noviembre del 2012, mediante el oficio número **S.G.P.A./D.G.I.R.A./DG/9167** (*Anexo 28*) se da por enterada la DGIRA del ingreso del Segundo Reporte Anual de Vigilancia Ambiental, teniendo por presentada la información proporcionada por ATVM.

Mediante el escrito **ATVM/SEMARNAT/407-2012** (*Anexo 29*) con fecha 06 de noviembre de 2012 ATVM con fecha de recepción 09 de noviembre de 2012, le informa a la DGIRA el RECURSO de REVISIÓN en contra de la determinación tomada mediante oficio SGPA/DGIRA/DG/8329, de fecha 16 de octubre de 2012.

El 21 de Noviembre 2012 mediante el oficio **SGPA/DGIRA/DG/9315** (*Anexo 30*), la DGIRA admite el trámite el RECURSO de REVISIÓN para que determine lo que a derecho corresponda.

El 30 de agosto del 2012 mediante el oficio **SSPCyGR/1226/12** (*Anexo 31*) se emite dictamen de factibilidad en materia de protección civil favorable, de la planta de tratamiento de aguas residuales denominada PTAR Atotonilco.

Mediante el escrito **ATVM/DGPC/406-2012** (*Anexo 32*) con fecha 06 de noviembre de 2012 se le solicita a Protección civil la expedición de un documento aclaratorio en el alcance al oficio N° **SSPCyGR/1226712**, en el cual se especifica con mayor énfasis que el Dictamen de Factibilidad en Materia de Protección Civil FAVORABLE, contemple también la construcción del Monorrelleno del proyecto.

El 18 de diciembre de 2012 mediante el oficio **SSPCyGR/1654/12** (*Anexo 33*) se emite el dictamen de factibilidad en materia de protección civil favorable incluyendo el área del monorrelleno y de la PTAR lo anterior en respuesta a lo solicitud efectuada por ATVM mediante el oficio

El 10 de julio de 2012 mediante el oficio **SEMARNATH/DCA/1992/2002** (*Anexo 34*) y con fecha de recibido para ATVM el 14 de enero de 2013, da respuesta SEMARNATH del registro de alta como generador de residuos de manejo especial número **RME-758-2012** y autorizándonos la bitácora respectivamente.



Mediante el oficio **ATVM/SEMARNTH/212-2012** (Anexo 35) con fecha 06 de julio de 2012, ATVM entrega con fecha de recepción 12 de julio de 2012 a SEMARNATH, el Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad General, “Sitio de disposición final de biosólidos (Monorrelleno) provenientes de la Obra que da cumplimiento a lo dispuesto en la condicionante número dos del resolutive de la Manifestación de Impacto Ambiental del proyecto Túnel emisor Oriente”

El 18 de enero del 2013 mediante el oficio **SEMARNATH/DCA/0123/2013** (Anexo 36), SEMARNATH del Estado de Hidalgo emite el resolutive favorable en materia de impacto ambiental para el proyecto denominado “Sitio de disposición final de biosólidos (Monorrelleno) provenientes de la Obra que da cumplimiento a lo dispuesto en la condicionante número dos del resolutive de la Manifestación de Impacto Ambiental del proyecto Túnel emisor Oriente”.

## **II. 2 Naturaleza del Proyecto**

El proyecto de Saneamiento para el Valle de México de la CONAGUA, tiene como uno de sus principales propósitos el **mejoramiento de las condiciones de calidad del agua residual** generada en la ZMVM, en la propia Cuenca de México y en distritos agrícolas aledaños, estableciendo condiciones acorde con la normatividad vigente y buscando la protección de la población que habita y trabaja en la zona de influencia del programa.

Para este último objetivo la condición de referencia es la de obtener la calidad adecuada para que el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Atotonilco sea utilizado de forma segura en el riego de las zonas agrícolas alimentadas a través del Canal El Salto-Tlamaco, con las características estipuladas en las Condiciones Particulares de Descarga, mismas que son comparables con las establecidas por la NOM-001-SEMARNAT-1996 para ríos clasificados como cuerpo receptor tipo “C”, sin fracción del efluente de la PTAR que será descargada por el río El Salto hacia el río Tula que alimenta la Presa Endhó. Las Condiciones Particulares de Descarga son con calidad de agua superior a la establecida en la NOM-001-SEMARNAT-1996 para ríos clasificados como cuerpo receptor tipo “A”. Por su parte los lodos residuales serán acondicionados de acuerdo con lo que establece la NOM-004-SEMARNAT-2002, relativa a la protección ambiental, lodos y biosólidos.

La CONAGUA, consciente de la importancia de la lucha para la mitigación del cambio climático y como parte activa de las acciones tomadas por el Gobierno de México para lograr una reducción considerable de las descargas de aguas residuales para los próximos años, ha conceptualizado el proyecto desde sus inicios como un proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) detectando las áreas de oportunidad para la reducción de las descargas de aguas residuales y promoviendo la instalación de tecnología que permita mejorar las condiciones fisicoquímicas de las mismas de la forma más eficiente posible, lo que significa un esfuerzo consistente con los propuestos dentro de la Estrategia Nacional para el Cambio Climático en donde se establece el MDL como una de las alternativas para obtener fondos internacionales disponibles para lograr el desarrollo de los proyectos. La CONAGUA realizará y espera obtener el registro del proyecto y la metodología para desarrollar el proyecto ante el Comité Ejecutivo de la UNFCCC (Protocolo de Kyoto, Conferencia de Río).

Adicional a los objetivos descritos, con la previsión del manejo del flujo en la red de drenaje se busca también establecer una condición que permita la inspección periódica del estado del Emisor Central (EC) y del Túnel Emisor Oriente (TEO), para realizar las obras que se definan

como necesarias para la reparación de los daños que en la inspección se identifiquen y las obras de protección que esas estructuras requieran para su adecuado funcionamiento.

## **II. 2.1 Origen de las Aguas Recibidas.**

El Valle de México, una cuenca originalmente cerrada (endorreica), exporta desde hace muchos años, caudales considerables de aguas de lluvia y aguas residuales al vecino Valle del Mezquital en el Estado de Hidalgo. Las primeras exportaciones datan de principios del siglo XVII con la construcción del tajo de Nochistongo, en el año 1608, y que actualmente da cauce a las descargas del Emisor del Poniente, del río Cuautitlán y el río El Salto. En el siglo XIX se construye el Gran Canal de Desagüe y el primer túnel de Tequixquiác, inaugurado en el año de 1900, seguido de un segundo túnel construido en los años 1940 a 1946 y posteriormente se construye el Túnel Emisor Central en los años 1968 a 1975.

La PTAR Atotonilco dará tratamiento a gran parte de las aguas residuales provenientes de la ZMVM. El origen del volumen generado de agua residual proviene de la creciente demanda de agua en la ZMVM, que fue resuelta en gran parte, vía la extracción intensiva de agua subterránea. El acuífero del Valle de México aporta entre 45 y 54 m<sup>3</sup>/s, más del doble de la recarga natural estimada en 20 m<sup>3</sup>/s. El proyecto del Valle de Lerma inicio en 1942 con la construcción de 5 pozos y 62 km de acueducto que aportaron 4 m<sup>3</sup>/s de agua subterránea.

El incremento en la demanda promovió su ampliación, y entre 1965-1975 alrededor de 230 nuevos pozos fueron construidos aportando un total de 14 m<sup>3</sup>/s. Esto ha traído como consecuencia impactos sociales, económicos y ambientales entre los que se mencionan:

- Agotamiento de manantiales
- Desaparición de lagos y humedales
- Reducción del caudal base en ríos
- Eliminación de vegetación nativa
- Pérdida de ecosistemas
- Degradación de la calidad de agua
- Incremento en los costos de extracción
- Asentamientos diferenciales y agrietamientos del terreno (Escolero,1993; Carrillo-Rivera et al, 2007).

El sistema Cutzamala fue planeado en 1976 como forma de mitigar los efectos negativos de la extracción intensiva de agua subterránea en el Valle de México. El agua es obtenida de un sistema de presas y transferida desde una distancia de 60 a 154 km. Los 19 m<sup>3</sup>/s obtenidos son bombeados a una altura de 1100 m para lo cual se requiere 102 estaciones de bombeo, 17 túneles y 7.5 km de canales. Los mayores retos que enfrenta la operación del sistema son los requerimientos de energía (aproximadamente 1787 millones de kWh al año) y los altos costos de funcionamiento (cerca de \$128.5 millones/año). La energía usada para bombear el volumen total de agua desde el Sistema Cutzamala sólo a la planta de tratamiento es equivalente a la energía que consume la ciudad de Puebla.

En forma complementaria, cerca de 190 proyectos sociales fueron construidos para abastecer a municipios afectados por la escasez de agua. Sin embargo, satisfacer la demanda para agua urbana vía fuentes externas, está enfrentando crecientes restricciones

ambientales y competencia por agua (Marsalek et al, 2001). Las compensaciones a las comunidades afectadas por la construcción del Sistema de Cutzamala, aún siguen sin resolverse.

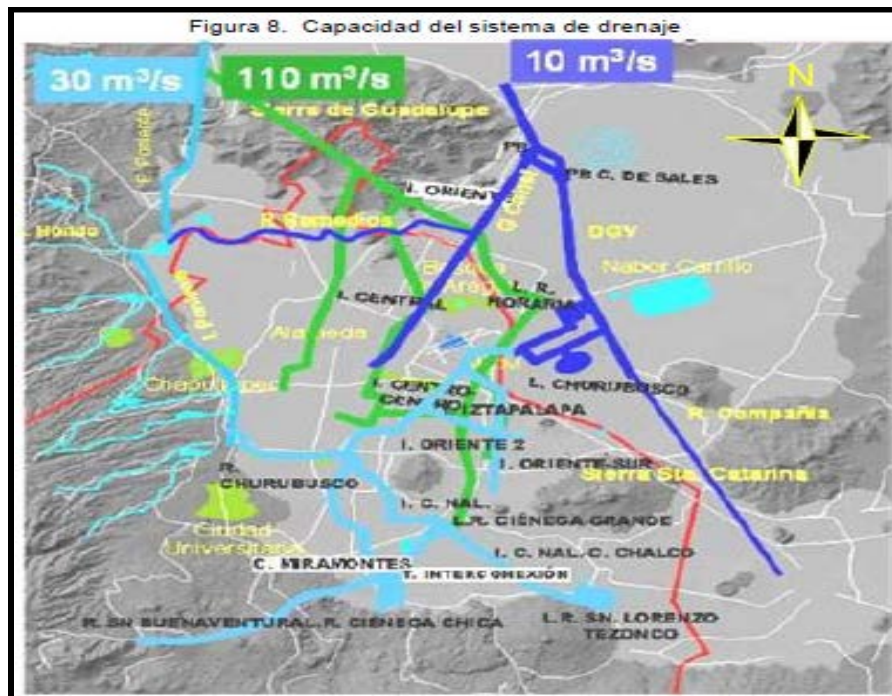
Estos reclamos se agravan debido a que el programa de agua potable y saneamiento de la ZMVM contempla la construcción de una cuarta etapa del sistema Cutzamala. Con esta ampliación se busca incrementar el volumen de agua transferido al Valle de México de 19 m<sup>3</sup>/s a 24 m<sup>3</sup>/s. Esta etapa denominada Proyecto Temascaltepec prevé una estación de bombeo de 15 m<sup>3</sup>/s, y la construcción de 18 km de canales y 12 km de túneles. La inversión inicial para este proyecto está estimada en \$502 millones. Las comunidades afectadas por esta cuarta etapa han impedido el inicio de las obras que se estima, afectarán la producción agrícola del área. A pesar de la oposición debido a los costos sociales, económicos y ambientales del proyecto, las autoridades consideran que sería de vital importancia para el desarrollo de la Ciudad de México y del Estado de México.

Frente a la problemática presentada, el Gobierno del Distrito Federal ha identificado otras fuentes potenciales de agua para abastecimiento (GDF et al, 2004) tales como los ríos Amacuzac, Tecolutla y Atoyac. El proyecto Amacuzac incluye la construcción de una presa en los límites con los estados de Morelos, Guerrero y Puebla. La distribución del agua a la zona metropolitana requeriría del bombeo a una altura de 1825 m y la construcción de 160 km de acueducto. Los requerimientos de energía se estiman en 4,000 MW y el consumo anual del sistema en 5% la producción nacional de energía. Las autoridades afirman que este proyecto permitiría dejar de extraer 50 m<sup>3</sup>/s de agua subterránea del Valle de México.

Los sistemas de agua urbana enfrentan un período de estrés e incertidumbre, y experimentarán cambios rápidos y significativos en las próximas décadas. El recrudecimiento de los conflictos sociales por el agua, los graves impactos ambientales y sus costos económicos (directos e indirectos), y las incertidumbres asociadas al impacto del cambio climático en las fuentes de abastecimiento y en la generación de energía para mantener los sistemas, hace necesario un diagnóstico integral para identificar retos y oportunidades que permiten delinear políticas de gestión sustentables.

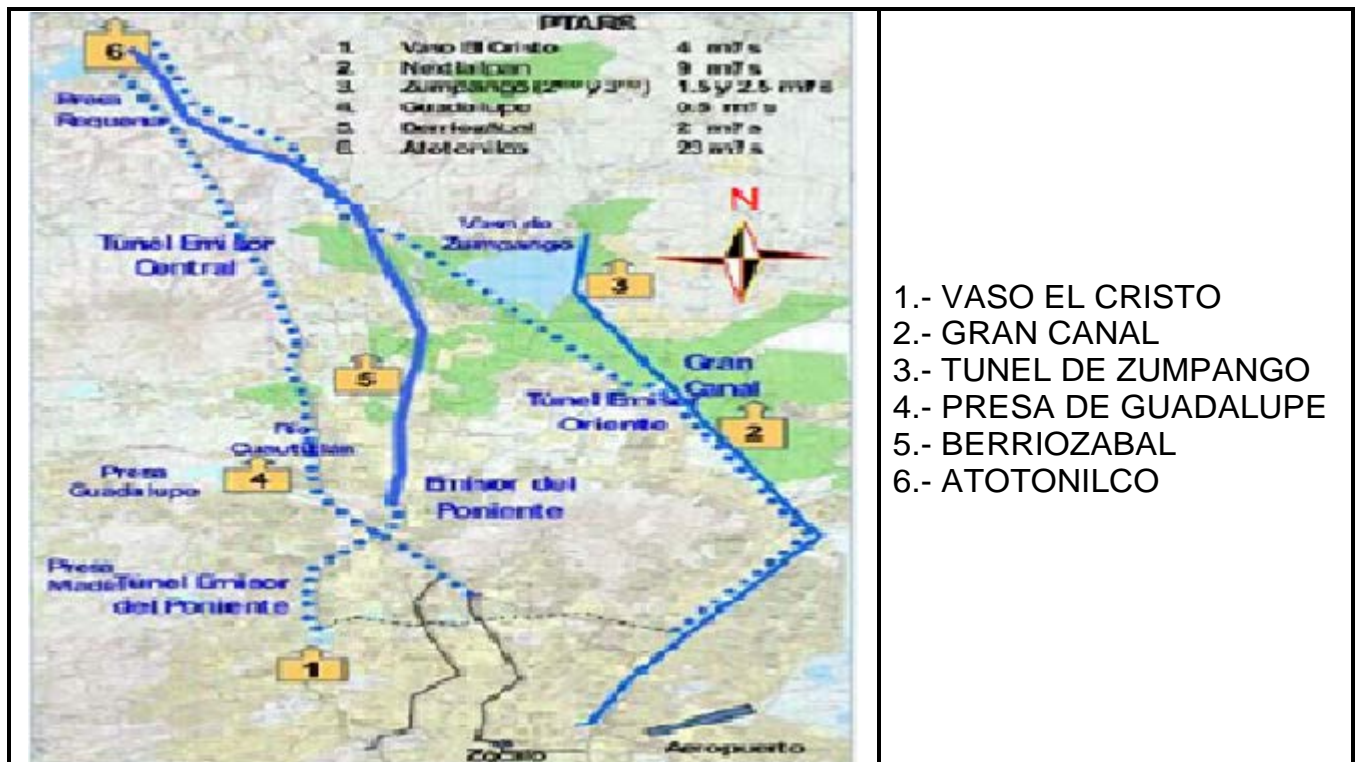
El sistema de drenaje, las salidas con que cuenta la ciudad han perdido su capacidad original ya que el hundimiento diferencial provoca la disminución en la capacidad de conducción del Sistema de Drenaje Superficial, de esta manera, el funcionamiento ininterrumpido del Sistema del Drenaje Profundo, por más de 10 años ha dificultado su revisión.





Las invasiones, asentamientos irregulares y el crecimiento urbano, han provocado una reducción en la capacidad de regulación, conducción y desalojo de las aguas pluviales y residuales. Ante esta situación, no ha sido factible incorporar el suministro de servicios a nuevos asentamientos en los planes de desarrollo del Valle de México, por lo que la descarga promedio de aguas negras es de 25 m<sup>3</sup>/s y de esta cantidad, aproximadamente 2.8 m<sup>3</sup>/s son tratados. La producción de agua residual en el Valle de México es del 44.80 m<sup>3</sup>/s y se tratan 7.4 m<sup>3</sup>/s. Ante esta situación, se resaltan los esfuerzos metropolitanos a través del trabajo que llevan a cabo el Gobierno Federal y los gobiernos del Estado de México y del Distrito Federal, mediante la constitución del Fideicomiso 1928, y más reciente el Fondo Metropolitano, cuya finalidad es la de lograr la sustentabilidad de los servicios hidráulicos en el Valle de México, para dar tratamiento a las aguas residuales generadas y evitar la contaminación de las fuentes superficiales, así como la preservación de las áreas disponibles para la recarga de los mantos acuíferos.

En noviembre de 2007, la Comisión Nacional del Agua presentó el Programa de Sustentabilidad Hídrica de la cuenca del Valle de México, el cual atiende diversos problemas en las áreas de protección de acuíferos, desarrollo de nuevas fuentes de agua potable, intercambio de aguas de uso agrícola, drenaje, tratamiento de aguas residuales y restauración ecológica de cuerpos de agua en el Valle de México. Las dos obras representativas contempladas en el programa son el Túnel Emisor Oriente y la construcción y operación de la PTAR motivo de la presente MIA-P, con capacidad para tratar 35 m<sup>3</sup>/s, con una capacidad hidráulica adicional para manejar los gastos de aguas pluviales que se mezclan con las aguas residuales.



Túnel Emisor Oriente. Como antes se mencionó, los continuos hundimientos del suelo en el Valle de México han mermado la capacidad hidráulica de la red de drenaje superficial y este fenómeno es predecible que continuará en los próximos años, aún con la ayuda de las nuevas plantas de bombeo; por otra parte la creciente urbanización de la ZMVM trae como consecuencia:

1. Una disminución en los coeficientes de infiltración del agua de lluvia y consecuentemente mayores caudales de agua que deben ser manejados por la red de drenaje.
2. Una mayor velocidad del escurrimiento superficial de las aguas pluviales y consecuentemente una reducción en el tiempo de concentración de los escurrimientos superficiales de las cuencas y sub-cuencas del Valle de México en sus puntos de descarga.

La combinación de estos dos factores da lugar a un incremento en los picos de agua que la red de drenaje debe evacuar en épocas de lluvias. Para hacer frente a este problema, y evitar la inundación de zonas urbanas, es necesaria la construcción del Túnel Emisor Oriente, con una longitud de 60 km y un diámetro propuesto de 7.0 m, que tiene como objetivo incrementar la capacidad hidráulica del sistema de drenaje. El nuevo túnel inicia en la lumbrera 2 del Túnel Interceptor Río de los Remedios (TIRR) y termina en un sitio cercano al Portal de Salida del Emisor Central. Con esta nueva obra se podrá retirar de servicio en épocas de estiaje, o cuando sea necesario, el Emisor Central y encauzar las aguas residuales por el nuevo TEO.

La fecha de terminación de la construcción del TEO está programada coincidente, o muy cercana, a la fecha de terminación de la PTAR Atotonilco. Gracias a ésta nueva obra, la PTAR Atotonilco seguirá siempre recibiendo su gasto de diseño aún cuando el Emisor Central se encuentre fuera de servicio por inspección o mantenimiento. Adicionalmente a estos proyectos, se fijaron sus objetivos en el tratamiento del 100% de las aguas residuales del Valle de México mediante grandes plantas de tratamiento con una capacidad conjunta de 42 m<sup>3</sup>/s (este dato incluye la capacidad de la PTAR Atotonilco). Por ello, después de un siglo de verter más de 725 millones de m<sup>3</sup> anuales de aguas negras en Hidalgo, con una carga contaminante por año de más de 180 mil toneladas de sólidos suspendidos totales (SST) y otra cantidad igual de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), se construirá esta planta, la cual es la mayor de un conjunto de otras cinco: PTAR Berriozabal que es de 2 m<sup>3</sup>/s, Nextlalpan 9 m<sup>3</sup>/s, Zumpango 2rio es de 0.5 m<sup>3</sup>/s, Zumpango 3rio 1.5 m<sup>3</sup>/s, Vaso de Cristo 4 m<sup>3</sup>/s, Caracol de 2 m<sup>3</sup>/s. con lo cual se alcanza un total de un total de 42 m<sup>3</sup>/s

<b>PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</b>	
Obras	Capacidad
PTAR Berriozabal	2 m <sup>3</sup> /s
PTAR Nextlalpan	9 m <sup>3</sup> /s
PTAR Zumpango 2rio.	0.5 m <sup>3</sup> /s
PTAR Zumpango 3rio	1.5 m <sup>3</sup> /s
PTAR Vaso de Cristo	4 m <sup>3</sup> /s
PTAR Caracol	2 m <sup>3</sup> /s
PTAR Atotonilco	35 m <sup>3</sup> /s
<b>Capacidad Total</b>	<b>54 m<sup>3</sup>/s</b>

La fecha de terminación de la construcción del TEO está programada coincidente, o muy cercana, a la fecha de terminación de la PTAR Atotonilco. Gracias a ésta nueva obra, la PTAR Atotonilco seguirá siempre recibiendo su gasto de diseño aún cuando el Emisor Central se encuentre fuera de servicio por inspección o mantenimiento.

### II.2.2 Características del Agua Residual Cruda Influyente.

El influente que se tratará es una mezcla de aguas pluviales y residuales de origen municipal e industrial, que en ambos casos provienen de la Zona Metropolitana del Valle de México. Los caudales y características del agua residual cruda, son los siguientes:

Tabla 5. Características del influente

Parámetro	Unidad	Estiaje			Lluvias		
		Promedio	Promedio máximo Mensual	Promedio Máximo Diario	Promedio	Promedio Máximo Mensual	Promedio Máximo Diario
Temperatura	°C	19	21	22	21	22	24
pH	U pH	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5
Alcalinidad total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	441	470	475	345	382	434
SST	mg/L	250	300	400	400	500	600
SSV	mg/L	150	180	240	250	310	380
DBO <sub>5</sub> total	mg/L	250	275	390	200	220	250
DBO <sub>5</sub> soluble	mg/L	140	180	200	120	132	150
Nitrógeno Kjeldahl total	mg/L	40	45	50	25	30	35
Fósforo total	mg/L	12	14	16	10	12	14
Aceites y Grasas	mg/L	60	80	100	35	40	45
Sulfuros	mg/L	10	13	15	5	10	12
Coliformes Fecales	NMP/100mL	6.00 E+07	4.46E+07	2.00E+8	1.0 E+08	1.00E+9	2.50E+09
Huevos de Helmintos	U/L	2	SD	SD	3	4	SD

### II.3 Selección del Sitio

El principal criterio de selección del sitio, fue por su ubicación a la salida del Emisor Central y el río El Salto, por lo que el terreno fue expropiado por utilidad pública, de tal forma que no se analizaron alternativas.

### II.4 Ubicación Física del Proyecto y Planos de Localización

El proyecto se ubica dentro del Municipio de Atotonilco de Tula entre las localidades de San José Acoculco y Melchor Ocampo (El Salto), municipio de Tepeji del Río, en el Estado de Hidalgo, entre los paralelos 19°58'12" y 19°57'11" de latitud norte y los meridianos 99°17'06" y 99°18'17" de longitud oeste. El predio adquirido tiene una superficie total disponible de 158.514250 has. la configuración superficial es propia de la ladera de un cerro con un desnivel de más de 60.00 m entre la cota más baja y la más alta y lo cruzan el canal de aguas para riego El Salto-Tlamaco y la línea del Ferrocarril México–Querétaro. El acceso al sitio de la PTAR es por la autopista México-Querétaro hasta llegar al km. 68+400 donde existe la desviación a la carretera Tepeji–Tula. Después de recorrer 3 km, se encuentra la desviación hacia el poblado de Melchor Ocampo, poco antes de llegar a la población, se toma a la izquierda por un camino de



terracería que conduce al portal de salida del Emisor Central, en el cruce con el Río “El Salto” y aproximadamente a 500 m aguas abajo sobre la margen derecha del río se encuentra el terreno seleccionado.



**Coordenadas extremas del polígono de delimitación de la PTAR Atotonilco**

## **II.5 Inversión Requerida**

La etapa que se ejecuta será financiada parcialmente por el Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN) hasta por el 49% y consiste en la construcción, equipamiento, pruebas, puesta en servicio, operación, conservación, mantenimiento y reposición de equipos, por un plazo global de 25 años bajo la modalidad de un contrato de prestación de servicios, que incluye el tratamiento de los residuos sólidos, su almacenamiento temporal y la disposición final de los mismos y la cogeneración de energía eléctrica y de calor para consumo interno. El costo de la PTAR es de 10,300 millones de pesos.

## **II.6 Dimensiones del Proyecto**

El 22 de septiembre de 2005 salió publicado en el Diario Oficial de la Federación el decreto por el que se expropia por causa de utilidad pública una superficie de 158-51-42 hectáreas de riego y temporal de uso común, de terrenos del Ejido Conejos, Municipio de Atotonilco de Tula, Hgo.; la superficie que se expropia, es la señalada en el plano aprobado por la Secretaría de la Reforma Agraria, mismo que se encuentra a disposición de los interesados en la Dirección General de Ordenamiento y Regularización.

## **II.7 Servicios que Requiere la PTAR**

Los servicios de agua potable, drenaje sanitario y drenaje pluvial serán suministrados a partir de sistemas confiables y suficientes para todas las necesidades de los edificios e instalaciones de la PTAR.

La PTAR requiere de servicio de comunicación vía férrea mediante la conexión de una espuela de ferrocarril con la red ferroviaria nacional; así como, una estación de carga y descarga.

La PTAR requiere del suministro de energía eléctrica; en un voltaje de 230 kV, 3F-3H, por medio de una línea aislada a 230 kV, 2 circuitos, sobre estructuras tipo torre de acero, llegando a un cuadro de maniobras que estará ubicado en el predio de la PTAR para alimentar la Subestación Principal, la subestación principal cuenta con 3 transformadores en alta tensión con potencia de 24/32 MVA a 230-13.8 kV cada uno; donde, dos transformadores operan y el tercer transformador será usado como respaldo, en el esquema eléctrico de la subestación principal se tienen dos tableros Metal Clad, donde estarán localizados los interruptores derivados para alimentar las 7 subestaciones derivadas y la cogeneración que estarán distribuidas en la PTAR, la alimentación a las subestaciones derivadas serán por medio de línea aérea aislada en un voltaje de 13.8 kV, cada subestación derivada tendrá los equipos eléctricos necesarios para transformar el voltaje requerido para la operación de los equipos eléctricos que alimentará la subestación.

Para el suministro de energía eléctrica de los servicios prioritarios de la PTAR, así como, para la realización de las actividades operativas y sistemas de seguridad, se tiene contemplado el uso de energía preferente y energía de emergencia, el sistema preferente será suministrado por la Subestación Principal y el sistema de cogeneración, para realizar el suministro de energía de respaldo, cada subestación derivada, contara con tableros de transferencia automática; que serán alimentados por las plantas de emergencia ubicadas en las subestaciones derivadas.

El agua potable requerida para la operación de la PTAR será solicitada al municipio o en su caso se solicitará a la CONAGUA la concesión para un pozo. El agua para el suministro a los servicios internos de la PTAR será tomada de los tanques de contacto de cloro. La mayoría de los requerimientos individuales de agua de servicios serán intermitentes, a excepción de los sistemas de preparación de polímero, cuyos consumos serán continuos. Para el dimensionamiento de los equipos de bombeo de agua de servicios se ha considerado que el consumo para la limpieza de las rejillas primarias será continuo, aunque bajo condiciones normales de operación dicho consumo se llevará a cabo de manera intermitente.

El agua de servicios para compactadores de basura (CB-113 y CB-114), clasificador de arenas (CB-128) y desarenadores (DA-120), el requerimiento es de alta presión y su fuente será el tanque de agua tratada TQ-400C desde donde de abastecerá al sistema hidroneumático (SH-500) para el suministro a estos equipos.

La mayoría de los requerimientos individuales de agua de servicios serán de uso intermitente, a excepción de los sistemas de preparación de polímero, cuyos consumos serán continuos. Para el dimensionamiento de los equipos de bombeo de agua de servicios se ha considerado que el consumo para la limpieza de las rejillas primarias será continuo, aunque bajo condiciones normales de operación dicho consumo se llevará a cabo de manera intermitente.

El agua de servicios para compactadores de basura (CB-113 y CB-114), clasificador de arenas (CB-128) y desarenadores (DA-120), el requerimiento es de alta presión y su fuente será el tanque de agua tratada TQ-400C desde donde se abastecerá al sistema hidroneumático (SH-500) para el suministro a estos equipos.

Para el suministro de agua de servicios a TPQ, reactores biológicos (RB-300) clarificadores primarios (CP-200) y rejillas gruesas y finas (RA-110 y RA-111), se requiere agua a menor presión y la fuente de este servicio es el tanque de contacto de cloro (TQ-400D) desde donde se abastece al sistema hidroneumático (SH-501) para la aplicación.

Por su ubicación, los suministros de agua de servicio a ayuda a cloración del TPC se toma desde su fuente el tanque de contacto de cloro (TQ-400E) por medio de la bomba BC-502 hasta el sistema de cloración de TPC y simultáneamente tomando como fuente el TQ-450A, por medio de las bombas BC-503, se alimentará agua de ayuda a cloración para el TPQ.

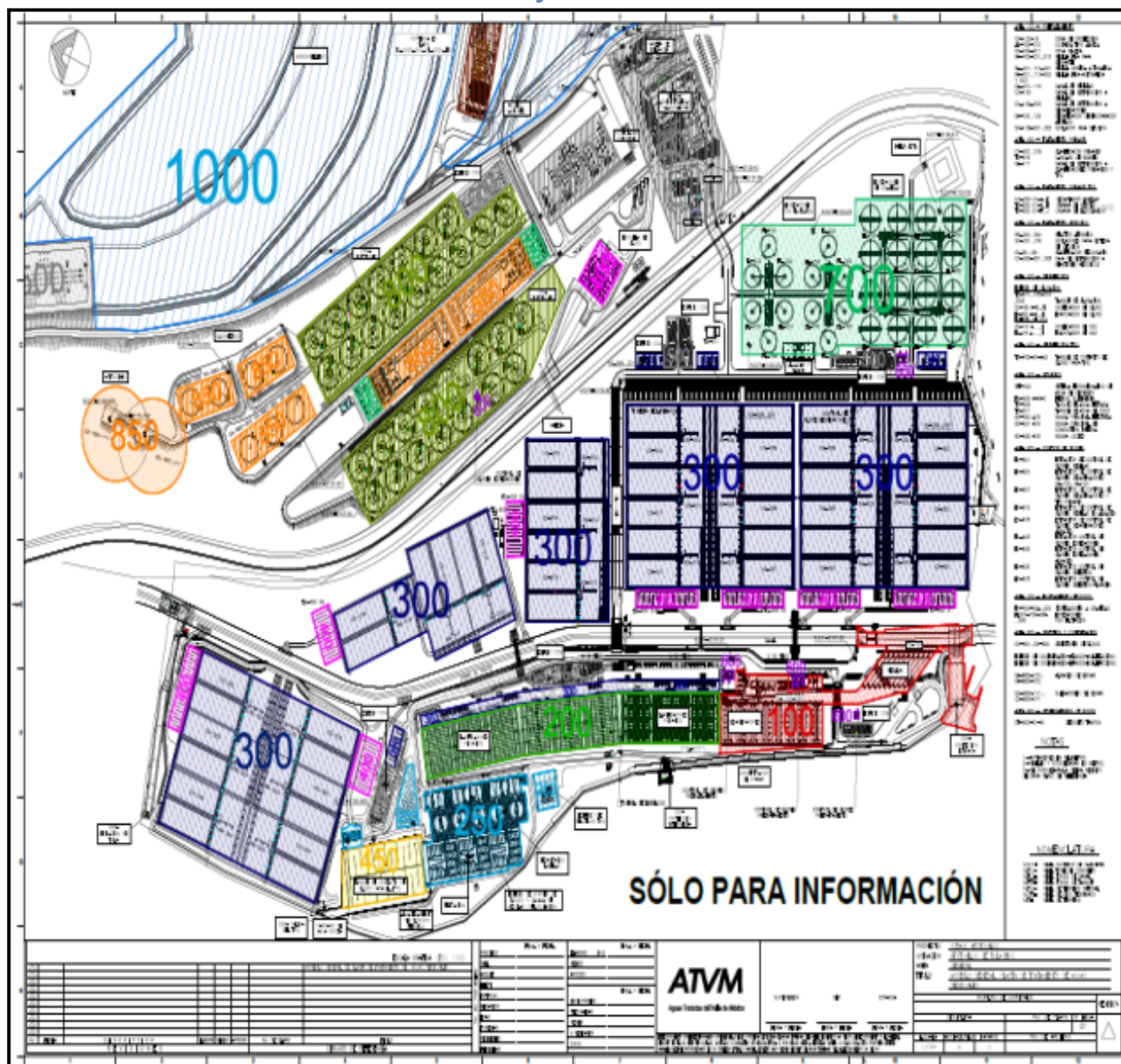
Desde el tanque de agua de contacto de cloro (TQ-400E) se abastecerá agua de servicios para la preparación del polímero por la bomba BC-504 y filtrando a través del filtro multimedia (FM-505). El agua filtrada y desinfectada será vertida en el tanque de agua filtrada (TQ-506). El agua filtrada y desinfectada será utilizada para los diferentes servicios de la PTAR.

El retrolavado de los filtros multimedia iniciará de forma automática al registrarse alto diferencial de presión entre el agua de entrada y salida, o por temporizador programado. El agua para el retrolavado de los filtros multimedia será suministrada por las bombas (BC-507 A/B). El agua gastada de retrolavado será enviada al canal de alimentación de los reactores biológicos. Tanto el inicio del proceso de retrolavado, como la secuencia y duración del mismo, se llevará a cabo en forma automática.

En el área de lodos se tendrá como fuente de agua de servicios el tanque (TQ-400E) desde donde se suministrará a través del sistema hidroneumático (SH-509) a los equipos del área de lodos que así lo requieran.



## II.8 Características Particulares del Proyecto



## II.9 Descripción del Proceso de Tratamiento que Recibirá el Agua.

La PTAR consistirá de un proceso de tratamiento con las siguientes características:

- Un tren de tratamiento biológico que constará de pretratamiento, tratamiento primario, en su caso, tratamiento secundario y desinfección, identificado en lo sucesivo como el Tren de Proceso Convencional (TPC); así como el manejo y tratamiento integral de las grasas y aceites, sólidos flotantes, arenas y de los lodos generados en el TPC.

- Un tren de tratamiento químico adicional, el cuál incluirá las operaciones de pretratamiento, tratamiento primario con adición de productos químicos y desinfección, en lo sucesivo Tren de Proceso Químico (TPQ); así como el manejo y tratamiento integral de los sólidos flotantes, las grasas y aceites, las arenas y de los lodos generados por el TPQ.
- El influente que se tratará es una mezcla de aguas pluviales y residuales de origen municipal e industrial, que en ambos casos provienen de la Zona Metropolitana del Valle de México. Los caudales y características del agua residual cruda, los límites máximos permisibles estacionales establecidos para la calidad del agua tratada en los dos trenes, las dos descargas de agua tratada de la PTAR Atotonilco, así como los criterios de operación de la PTAR Atotonilco, se describirán más adelante, en el presente estudio.
- Las aguas residuales son conducidas por el **Túnel Emisor Oriente (TEO)** y el **Túnel Emisor Central (TEC)**, los cuales descargan al río El Salto y al canal de riego El Salto-Tlamaco, respectivamente, finalmente el río verterá al canal de riego y en derivación de este último se construirán las obras de captación de las aguas que alimentarán a la PTAR Atotonilco.
- A su vez las aguas tratadas se entregarán en las obras de caja de salida, para separar el caudal que se canalizará para el riego agrícola a través del canal El Salto-Tlamaco, del excedente que se verterá al río El Salto para saneamiento del río Tula y de la presa Endhó.
- El efluente tratado del TPC será descargado al Canal Salto-Tlamaco donde será aprovechado para riego agrícola en el Distrito de Riego 003 y, en menor medida, al río El Salto. El efluente tratado del TPQ será descargado principalmente hacia al río El Salto, y en menor medida al Canal Salto-Tlamaco.
- Cuando el caudal de agua residual, exceda la capacidad promedio del TPC, los caudales excedentes serán enviados al TPQ. Esta situación ocurrirá en tanto entren en servicio las obras programadas de tratamiento, aprovechamiento y reúso de aguas residuales en el Valle de México.
- El caudal del efluente de TPC en exceso de la demanda de agua para riego del Canal Salto-Tlamaco en período de estiaje será descargado al río El Salto una vez desinfectado.
- En periodo de lluvias, cuando ocurra el desvío de agua residual cruda al río El Salto, por presentarse caudales instantáneos mayores a  $50.0 \text{ m}^3/\text{s}$  por más de 6 horas consecutivas, el efluente del TPQ será descargado al río El Salto sin ser desinfectado. La desinfección será reanudada cuando el caudal sea igual o menor a  $50.0 \text{ m}^3/\text{s}$ .

- Cuando la demanda para agua de riego agrícola sea mayor que el volumen de descarga del TPC, se deberá desviar el efluente desinfectado del TPQ al Canal Salto-Tlamaco para satisfacer esta demanda.

Considerando el efecto de las obras de aprovechamiento y reúso de agua residual dentro del Valle de México, se anticipa que el gasto de agua residual de las descargas que confluyen en la PTAR Atotonilco se verá disminuido en 7.0 m<sup>3</sup>/s en los próximos años.

Cuando ocurra esto, la capacidad de tratamiento del TPQ se destinará exclusivamente para el tratamiento estacional de los sobreflujos de origen pluvial captados por el sistema de drenaje de la ZMVM.

### **II.9.1 Procesos y Pasos Involucrados en el Tratamiento**

Obras de toma.- Estas instalaciones estarán compuestas por una estructura de desvío, bombeo del influente, medición de caudal, toma de muestra del agua cruda y retorno de excedentes líquidos del tratamiento. La obra de toma se construirá sobre el Canal Salto Tlamaco, aguas abajo del sifón invertido con que cruza al río El Salto y de la derivación existente del río El Salto hacia el Canal, con el fin de poder derivar hacia la PTAR los caudales de agua residual conducidos por ambas corrientes.

Se contará con un sistema de medición de caudal a la entrada de la PTAR para medir y totalizar el caudal influente y de desvío hacia el río El Salto. El sistema será apto para medir agua residual con contenido de sólidos y sustancias corrosivas, de tal forma que no afecten la lectura y el sistema de conducción.

La PTAR Atotonilco incluirá las instalaciones necesarias para el retorno y manejo de los líquidos excedentes del tratamiento, tales como agua de lavado de arena y de la compactación del material cribado, retornos de los procesos de manejo y disposición de lodos, demasías, y otros flujos que drenan a través de la PTAR. Los excedentes de todas las unidades de proceso serán regresados a la estructura de obra de toma de la planta para su tratamiento. El punto de introducción de los excedentes quedará ubicado aguas abajo de la medición, muestreo y caracterización del flujo de agua residual cruda.

El agua residual del canal El Salto-Tlamaco será derivada al Canal de Llamada (CN-101) el cual estará ubicado dentro del predio de la planta. El canal de llamada estará diseñado hidráulicamente para un caudal máximo de operación de 50 m<sup>3</sup>/s y contará con una obra de protección (OP-102) para que cuando el caudal del TPC exceda de 27.6 m<sup>3</sup>/s, y el caudal del TPQ exceda de 14.4 m<sup>3</sup>/s, por más de 3 horas consecutivas, se descarguen sin tratamiento al río El Salto los caudales en exceso.

Para lograr conducir el agua hacia el canal de llamada, se construyó un muro con compuertas, el cual estará sobre el canal El Salto-Tlamaco, aguas abajo del canal de llamada, dentro del predio de la planta.

El agua que entra a la PTAR Atotonilco será conducida hacia las rejillas de desbaste (RA-105).

Tratamiento preliminar. La PTAR contará con una estructura de tratamiento preliminar que incorpore desbaste, cribado, desarenado y remoción de grasas y aceites, según se requiera conforme a este diseño. Los equipos mecánicos del sistema de pretratamiento y sus equipos periféricos serán de acero inoxidable 304L.

Con la operación de la planta se generarán los factores de producción de residuos sólidos y de arenas ( $L/1000 \text{ m}^3$  agua residual) en la etapa del tratamiento preliminar, precisando los factores utilizados en período de estiaje y de lluvias.

En el tren de tratamiento de agua se contará con una etapa inicial de desbaste, seguida por cribado compuesto de dos sistemas colocados en serie de cribado grueso y cribado fino. La limpieza de las unidades de cribado grueso y fino se realizará en forma mecánica y automatizada. El material cribado será compactado y almacenado y no generará problemas de olores o atracción de vectores.

El desarenado formará parte del tren de tratamiento de agua. El funcionamiento de estas unidades, incluyendo la remoción de arenas capturadas será mecánico. Las arenas removidas serán lavadas y puestas a disposición conforme a la ley correspondiente y no generarán de olores o atracción de vectores

Como parte del tratamiento preliminar habrá unidades de desengrasado de las aguas residuales. Las grasas y aceites removidos en esta etapa, así como en el tratamiento primario, serán espesadas y enviadas a la etapa de digestión anaerobia de lodos, por lo que no serán problema en cuanto a residuos.

El Tratamiento preliminar propuesto, no emitirá olores desagradables, ni compuestos tóxicos al ambiente laboral o zonas aledañas a la PTAR, ya que se instalará un sistema de manejo de olores de patente, que permitirá cumplir con la NOM-010-STPS-1999.

Todas las instalaciones consideradas dentro de la obra de toma y el tratamiento preliminar de la PTAR serán cubiertas, y sus emisiones tratadas de tal forma que la concentración máxima de  $\text{H}_2\text{S}$  medida en su punto de salida a la atmósfera no exceda de 0.5 ppm o se obtenga una eficiencia de remoción de  $\text{H}_2\text{S}$  al menos del 99%.

## **II.9.2 Tratamiento Primario y Secundario**

El TPC incluirá dentro de su configuración el tratamiento primario del efluente del tratamiento preliminar, seguido por tratamiento de nivel secundario. El TPQ consistirá del tratamiento preliminar del agua residual seguido por el tratamiento primario con adición de productos químicos.

El lodo residual y excedente del tratamiento primario y secundario será removido automáticamente y manejado de acuerdo a los procedimientos definidos para la disposición final de los residuos sólidos del tratamiento.

Los parámetros críticos de temperatura del agua, temperatura ambiental, coeficiente alpha, factor de taponamiento, coeficiente beta, SOTE de los difusores serán monitoreados y corregidos (en su caso), de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, para mantener los



valores óptimos de la transferencia estándar para diversas condiciones de tirante de agua y de flujo unitario de aire; así como, pH, reactivos químicos, dosis, tiempos de contacto, gradientes de energía, para el tratamiento químico.

### II.9.3 Tren de Proceso Convencional (TPC)

Clarificación primaria (CP-200). El propósito de la etapa de clarificación primaria consiste en la remoción de una fracción significativa de los sólidos suspendidos totales contenidos en el agua residual, así como de la parte correspondiente de DBO suspendida, mediante un proceso de precipitación por gravedad; esta etapa contribuye a la mejora en las condiciones de operación y desempeño del sistema biológico subsecuente, disminuyendo significativamente el consumo de oxígeno en los reactores aeróbicos y la generación de lodo secundario; el agua cribada y desarenada será conducida por el canal de agua desarenada (CA-209) para ser dividida entre los trenes de tratamiento convencional (TPC) y el tren de tratamiento químico (TPQ). Los clarificadores primarios (CP-200), son parte del TPC y otra parte del agua cribada es enviada al TPQ. El caudal máximo de operación que será dividido en el canal (CA-209) hacia el TPC será de  $33 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $17 \text{ m}^3/\text{s}$  para el TPQ en época de lluvia.

**Para el tren de tratamiento de TPC** el sistema de clarificadores primarios, estará conformado por diez y ocho (18) clarificadores modelo (CP-200) tipo lamelar los cuales han sido diseñados para manejar hasta  $1,941 \text{ l/s}$  por clarificador que corresponden al caudal máximo de operación para el TPC en época de lluvias con una unidad fuera de operación. La carga hidráulica superficial promedio de diseño en los clarificadores primarios será de  $27.5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ , y además cubrirá el caudal máximo de operación en época de lluvias ( $33 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ ).

Por otra parte, el cárcamo de lodos primarios y el cárcamo de natas, contarán con cubiertas de concreto con registros abatibles para extracción de equipos y sistema de extracción de aire para el control de olores. El lodo primario colectado será enviado al tanque de lodo primario (TQ-201) por las bombas de purga de los clarificadores (BP-210) y posteriormente enviado por medio de las bombas de lodo primario (BS-203 A-B-D-E y C), hacia los espesadores de lodos.

En el cárcamo de lodo primario se tendrá instalado un agitador sumergible (AS-202) para mantener los sólidos contenidos en suspensión y se contará con un reemplazo en almacén. La extracción de los lodos desde los clarificadores hacia el tanque de lodos primarios se realizará de tal forma que en todo momento el tanque de lodo primario estará recibiendo contribución de alguno de los clarificadores. El cárcamo amortiguará las intermitencias de la purga de los clarificadores y mantendrá el envío de lodo hacia el tanque de mezcla de lodos a espesamiento en forma continua.

La concentración de SST esperada en el lodo primario será aproximadamente del .5%. Cada clarificador primario contará con rastras en la parte superior, las cuales recolectarán las natas y sólidos no sedimentables que serán descargados por gravedad hacia el tanque de natas (TQ-205 A-B-C), a partir del cual serán enviados por medio de la bomba de natas (BS-204 A F) hacia el separador de grasas donde se concentran para posteriormente ser enviados hacia los tanques de homogeneización de alimentación a digestores. De acuerdo con la cantidad de natas que se espera extraer de los clarificadores primarios, se estima que la bomba de natas operará de manera continua. El diseño propuesto contempla tres tanques de natas, con una bomba de natas más una de reserva cada uno.

El efluente clarificado proveniente de los clarificadores primarios será colectado en el cárcamo de bombeo (TQ-207) para ser bombeado a las cajas de distribución a reactores (CD-300). El número de clarificadores permite la flexibilidad necesaria para que, si por alguna razón alguno de ellos debe salir de operación, el fluido a clarificar podrá ser distribuido hacia las otras unidades sin afectar su desempeño individual.

El conjunto de clarificadores primarios contará con dos (2) bombas de achique (BS-206) para que en caso de mantenimiento y/o emergencia, el agua contenida en los tanques clarificadores primarios pueda ser evacuada y conducida hacia el canal de entrada de los clarificadores.

Bombeo de agua cruda. El agua proveniente de los clarificadores primarios, caerá por gravedad al cárcamo de agua (TQ-207) y por medio de las bombas (BS-208 A...AA), será alimentada a las cajas de distribución de los reactores (CD-300).

El sistema de bombeo (BS-208) de alimentación a reactores de la PTAR Atotonilco estará conformado por veintiocho (28) bombas sumergibles (BS-208 A...AA). En condiciones de caudal máximo de operación, veinticuatro (24) bombas serán capaces de manejar dicho flujo, mientras que cuatro (4) bombas se mantendrán en reserva.

Cada una de las veintiocho (28) bombas estará diseñada para un flujo de hasta  $1.435 \text{ m}^3/\text{s}$  con carga de 7 m. Esto al considerar un caudal máximo de operación de  $33 \text{ m}^3/\text{s}$  y que uno de los 24 trenes de tratamiento biológico se encuentre fuera de operación. Las bombas estarán agrupadas en 8 conjuntos de 3 bombas cada uno más una de reserva común por cada 2 conjuntos de 3 bombas, esto da el total de 28 bombas.

La modulación de las bombas se ha diseñado como sigue:

En la época de estiaje, para el caudal mínimo de operación  $18 \text{ m}^3/\text{s}$ , se considera que tendremos operando por grupo, 2 bombas, una con un flujo de  $1.435 \text{ m}^3/\text{s}$  y otra de  $0.815 \text{ m}^3/\text{s}$ . En el caso del caudal promedio de diseño de  $23 \text{ m}^3/\text{s}$ , tendremos operando por grupo, 2 bombas, ambas con un flujo de  $1.435 \text{ m}^3/\text{s}$ . Para el caudal máximo en estío de  $30 \text{ m}^3/\text{s}$ , operaremos por grupo, 2 bombas con un flujo de  $1.435 \text{ m}^3/\text{s}$  y una de  $0.88 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Para la época de lluvias, para el caudal mínimo de  $22.1 \text{ m}^3/\text{s}$ , se considera que tendremos operando por grupo, 2 bombas, una con un flujo de  $1.435 \text{ m}^3/\text{s}$  y otra de  $1.328 \text{ m}^3/\text{s}$ . En el caso del caudal promedio de operación + 20% que es de  $27.6 \text{ m}^3/\text{s}$ , se tendrán operando por grupo, 3 bombas, dos con un flujo de  $1.435 \text{ m}^3/\text{s}$  y la otra de  $0.58 \text{ m}^3/\text{s}$ . Para el caudal máximo de operación de  $33 \text{ m}^3/\text{s}$ , operarán por grupo, 3 bombas, dos con  $1.435 \text{ m}^3/\text{s}$  y una de  $1.255 \text{ m}^3/\text{s}$ . Para el caso de caudal crítico con un tren fuera, donde tendremos una bomba fuera de operación, tendremos operando 3 bombas con un flujo de  $1.435 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Cada grupo de bombas, contará con un variador de frecuencia para flexibilizar la operación del sistema. Las bombas de reserva también estarán equipadas con variador de frecuencia. Dependiendo del valor de caudal de agua residual recibido en la PTAR se podrán tener una o más bombas operando al 100% de su capacidad, y una bomba controlada por el variador de frecuencia, ajustando su capacidad para igualar el caudal total bombeado con el caudal recibido, con el fin de mantener el nivel de control en el cárcamo de agua cruda. Esta

secuencia de operación nos permite proteger los equipos de bombeo contra paros y arranques frecuentes.

El diseño propuesto proporciona flexibilidad operativa y promueve el uso eficiente de energía.

Tratamiento biológico. El sistema de tratamiento secundario está conformado por veinticuatro módulos compuestos por el reactor aeróbico (RB-301 A...X) y clarificador secundario (CS-304 A...X).

El efluente primario es alimentado a ocho cajas de distribución (CD-300 A...H) por medio de las bombas BS-208 y se distribuirá equitativamente el flujo hacia tres reactores aeróbicos desde cada una de las cajas de distribución. Adicionalmente el refluo de lodos secundarios provenientes de los clarificadores secundarios será recibido en estas cajas de distribución para volver a entrar a los reactores aeróbicos.

Con el sistema de tratamiento secundario propuesto se alcanzará el objetivo de remoción de DBO y SST. El diseño propuesto considera los diferentes escenarios de caudal y concentración de contaminantes señalados en las bases de licitación. El sistema biológico propuesto tendrá la flexibilidad de manejar hidráulicamente incluso el caudal máximo de operación de 33,000 L/s.

A nivel microbiológico, el principio de funcionamiento del sistema propuesto consiste en lo siguiente: en un sistema aeróbico los microorganismos utilizan el oxígeno disponible para convertir la DBO almacenada en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  e incrementan la masa celular. Además, se alcanza un cierto grado de remoción de fósforo debido a la asimilación de este compuesto por los microorganismos durante el proceso de metabolización de la DBO, y debido a la purga de los sólidos volátiles inertes contenidos en los lodos secundarios.

El sistema para el suministro de aire para los reactores aeróbicos está conformado por el sistema de difusores de burbuja fina (SD-302 A...X) y por los sopladores tipo centrífugos (SO-303 A...AB). De estos últimos, el diseño propuesto considera veinticuatro de ellos en operación y cuatro como reserva; los difusores considerados en el diseño propuesto serán de disco de burbuja fina de 9”, la inyección de aire se realizará en cada una de las veinticuatro (24) zonas aeróbicas con que contará cada módulo biológico; la inyección de aire a cada reactor aeróbico será regulada mediante una válvula de control modulante y un transmisor de oxígeno disuelto que enviará señal de apertura o cierre a la válvula para mantener la concentración de oxígeno disuelto deseada. El agua será conducida mediante ventanas a los clarificadores secundarios contiguos para continuar con el tratamiento secundario.

Clarificación secundaria. La descarga de cada reactor biológico ingresará hacia cada clarificador secundario mediante ventanas ubicadas en la pared compartida entre ambas estructuras, la planta contará con veinticuatro clarificadores secundarios (CS-304 A...X), los cuales han sido diseñados para manejar en conjunto el flujo promedio de 23,000 L/s; adicionalmente, el comportamiento de estos equipos ha sido evaluado para las condiciones de redundancia y modularidad, carga máxima diaria y carga promedio, así como para las condiciones críticas esperadas y excepcionales, verificando que el desempeño del sistema

cumple con los criterios de diseño descritos en las bases de licitación. Hidráulicamente, los clarificadores secundarios seleccionados tendrán la capacidad de manejar hasta el caudal máximo de operación de 33,000 L/s, más una relación de recirculación equivalente al 100% del caudal nominal promedio, aun cuando una unidad se encuentre fuera de operación.

Los clarificadores secundarios propuestos serán rectangulares del tipo puente viajero con rastras del tipo lamelar. Cada clarificador secundario contará con dos mecanismos de puente viajero, cuyo movimiento se realizará de manera longitudinal al clarificador.

Los lodos secundarios sedimentados serán succionados mediante efecto de air-lift y dirigidos hacia las canaletas que se encontrarán ubicadas en la parte superior longitudinal de cada clarificador, para ser posteriormente descargados en los cárcamos de lodo secundario (TQ-306 A...X). En este cárcamo se encuentran las bombas de recirculación de lodos (BS-307), dos por reactor más una en espera, que retornan los lodos a la cámara de entrada de cada reactor biológico, así como las bombas de purga de lodos (BS-308), que los envía a la etapa de espesamiento.

Cada mecanismo de puente viajero contará con un brazo desnatador para la recolección de las natas acumuladas en la superficie del mismo. Estas natas serán descargadas en una pequeña tolva para ser después conducidos por gravedad hacia el cárcamo de lodo secundario (TQ-306 A...X). La concentración de SST esperada en el lodo secundario extraído del sistema será de aproximadamente 1.0%. La recirculación de lodos será una operación continua, mientras que la purga de lodos se realizará de manera intermitente.

Desinfección. Se contará con una etapa de desinfección del efluente del proceso de tratamiento del TPC antes de su descarga al Canal Salto-Tlamanca y del efluente del proceso de tratamiento del TPQ antes de su descarga al río El Salto.

La capacidad de almacenamiento de los productos químicos necesarios para el tratamiento, es de al menos 15 días de consumo en el período de mayor demanda, basados en el caudal promedio especificado para el TPC y el TPQ de la PTAR. En los sitios de manejo y almacenamiento de productos químicos se cumplirá con la NOM-010-STPS-1999.

En el caso de el cloro gas para la desinfección, se tendrán las medidas de seguridad que minimicen el riesgo tanto para los operadores de la PTAR así como la comunidad vecina, basadas en la normatividad nacional e internacional, así como de la experiencia en la materia, como las recomendaciones del Clorine Institute y los fabricantes y distribuidores nacionales. Estas medidas incluyen, pero no están limitadas al manejo de esta sustancia en un área encapsulada, alarmas con redundancias, sistemas de lavado/absorción de posibles fugas de cloro gas diseñados bajo normas nacionales e internacionales.

El proceso de desinfección considerado para reducir la concentración de coliformes totales en el efluente del tratamiento secundario, es la inyección de cloro gas. El efluente de los clarificadores secundarios, es transferido hacia uno de los 8 tanques de contacto de cloro (TQ-400 A...H) del TPC a través de canales abiertos.

Se han diseñado estos tanques para un tiempo de contacto de 20 minutos a flujo máximo extremo y 30 minutos a flujo promedio para lograr esa efectividad con las dosis de cloro



especificadas en la memoria de cálculo correspondiente para las épocas de lluvias y estiaje.

Cloro líquido de carros tanque es alimentado a 2 evaporadores de 2,200 kg/h de capacidad cada uno, de los cuales uno está en operación y uno en reserva, descargan a un cabezal que alimenta a través de dos inyectores de 4 pulgadas, uno en operación y uno en reserva, cloro gas a un cabezal de agua de servicio que dosificará la mezcla agua cloro a cada uno de los 8 tanques de contacto de cloro. Una parte del cloro evaporado se alimenta al TPQ mediante un cabezal que alimenta a través de seis inyectores de 4 pulgadas, cinco en operación y uno en reserva, cloro gas a un cabezal de agua de servicio que dosifica la mezcla agua cloro al tanque de contacto de cloro del TPQ. Los cloradores están calibrados en función del flujo producido y de la concentración de cloro residual deseada.

El contenido máximo de coliformes fecales en el agua cruda es de  $2.0E+08$  NMP/100 ml en época de estiaje y de  $2.5E+09$  NMP/100 ml en época de lluvias, el cual se encuentra dentro del rango típico para aguas residuales domésticas.

En cada una de las etapas de tratamiento del agua residual se removerá un porcentaje del contenido de coliformes totales de entrada, por lo que se ha estimado que el contenido de coliformes totales en el efluente secundario hacia el proceso de desinfección será del orden de  $1.0E+06$  NMP/100 ml en estiaje y de  $1.25E+07$  NMP/100 ml en lluvias, considerándose este valor para el diseño del sistema.

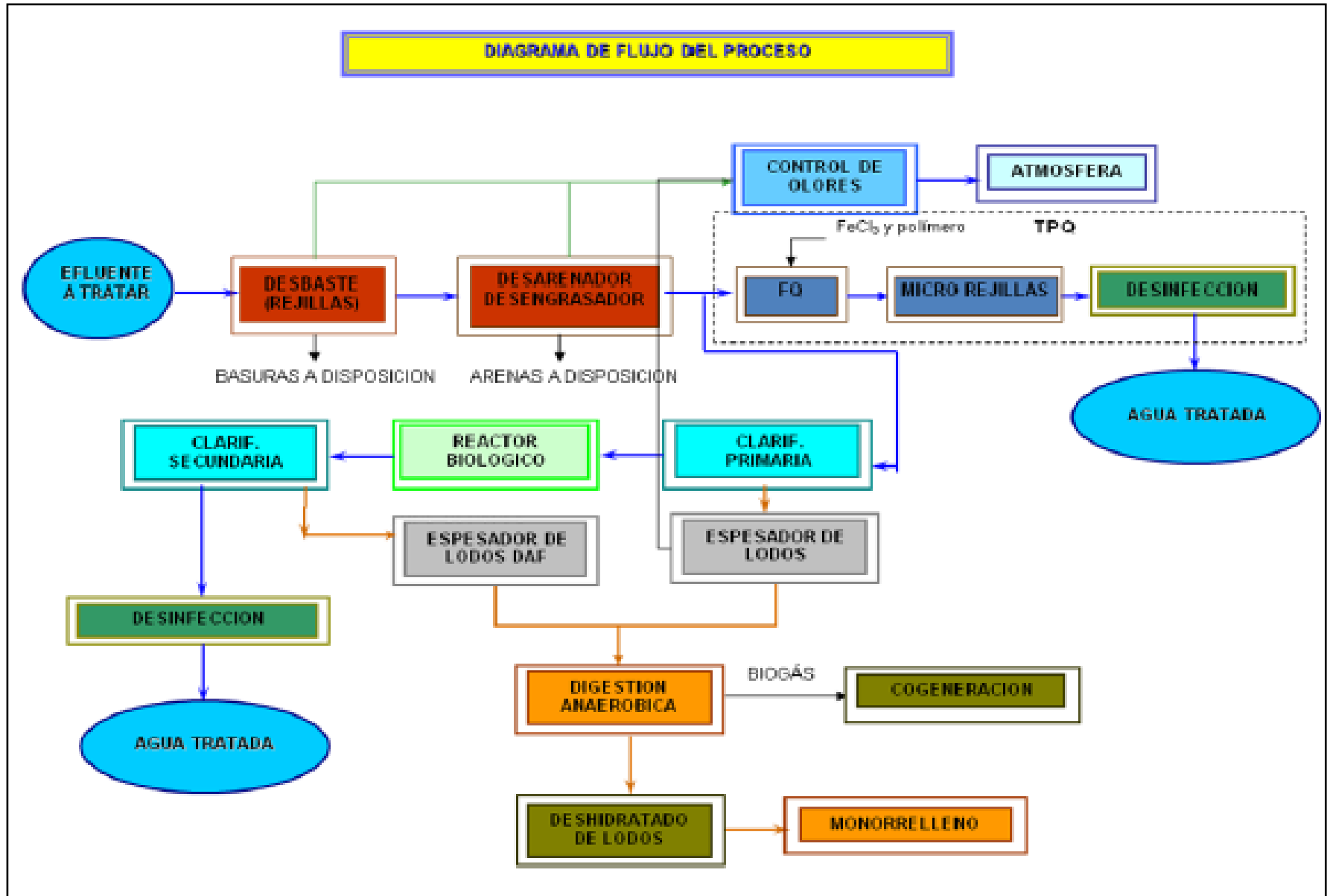
El Cloro se recibirá en estado líquido en carros tanque de 70 toneladas de capacidad a presión de  $6 \text{ kg/cm}^2$ . Se contará con un área externa para carros tanque suficiente para 15 días de operación y se tendrá un cuarto de cloro cerrado que será donde se realice la operación de descarga continua del carro tanque.

El cuarto de dosificación de Cloro es totalmente cerrado con extracción de aire hacia la Torre de lavado de cloro, el cuarto cuenta con puertas automáticas la cual cierra automáticamente al detectarse fugas de cloro y además cuenta con un sensor de proximidad.

Los carros tanque en el cuarto de cloro se colocarán sobre básculas para detectar la reducción de peso y necesidad de cambio de tanque.

Torre de absorción de fugas de cloro. De detectarse cualquier presencia de Cloro en el ambiente producto de alguna fuga del químico, ya sea por alguna válvula, o maniobra en el manejo de los carros tanques; sensores de Cloro estratégicamente colocados activarán alarmas y el extractor de la torre de absorción (VC-411), con una potencia de 7.5 HP, que purgarán las líneas afectadas, hasta la torre de absorción (TA-410), con capacidad de mitigar las concentraciones de Cloro en el aire desde 200,000 ppm de Cloro hasta una salida menor de 5 ppm de Cloro utilizando sosa como agente absorbedor, por medio de una torre empacada que pondrá en contacto el aire contaminado con la sosa. El equipo seleccionado podrá mitigar el efecto del Cloro hasta de 1,058 kg del gas fugado de acuerdo con las recomendaciones del panfleto 66 del Instituto del Cloro “Prácticas recomendadas para el manejo de carros tanque de Cloro” (Recommended Practices for handling Chlorine Tank Cars).

Si la fuga es de Cloro líquido, la pendiente del cuarto de Cloro permitirá dirigir el líquido fugado hasta el tanque receptor de fugas de Cloro TQ-404 mientras que el químico que se alcance a evaporar será conducido a la torre de absorción como se mencionó con anterioridad. Equipos autónomos de respiración y regaderas y lavajos estarán disponibles en el cuarto de cloración como previsión en el caso de fugas pequeñas, de acuerdo a recomendaciones del Instituto del Cloro.



#### II.9.4 Tren de Proceso Químico (TPQ)

El tratamiento propuesto mejora la calidad del efluente en contenido, tamaño de sólidos y desinfección, garantizando la calidad del agua demandada en las bases.

El proceso está formado por:

- Proceso físico-químico.
- Decantación lamelar.
- Filtración mediante filtros de malla rotativos.
- Desinfección mediante cloro gas.
- Bombeo de agua al canal Salto de Tlamaco.

Proceso Físico-Químico. El agua procedente del canal de salida de pretratamiento accede al TPQ a través de un canal de alimentación. Este caudal es regulado por una compuerta motorizada y se repartirá al posterior tratamiento mediante vertederos regulables.

El proceso previsto se compone de mezcla-floculación con adición de coagulante y floculante. La cámara de mezcla es de flujo ascendente, el agua entra por hueco sumergido y sale de ella por vertedero. A continuación, y por medio de una conducción, accede a la cámara de floculación, en su parte inferior y dentro de la chimenea de recirculación. Dentro de esta chimenea se ha dispuesto de una turbina, de velocidad lenta que permite el crecimiento y la agrupación de los microflóculos formados. De esta cámara de floculación el agua, mezclada con los reactivos y con la recirculación de lodos, accede a las cámaras de maduración, a la primera por hueco sumergido y a la segunda por vertedero sumergido. La cámara de coagulación se ha diseñado cuadrada, de esta forma eliminamos zonas muertas y la agitación será más homogénea.

Los reactivos previstos son cloruro férrico como coagulante y polímero como floculante. La dosificación está prevista realizarla proporcional al caudal de entrada, en base a la medida de caudal a la entrada a cada línea y a los variadores de frecuencia de las bombas dosificadoras. El cloruro férrico se almacenará en dieciséis depósitos de donde tomarán el reactivo seis (5 + 1) bombas dosificadoras, de forma que tengamos una bomba por línea siendo por tanto más fácil la regulación de la dosificación; de igual manera el polímero se preparará en dos líneas, cada una de ellas formada por cuatro tanques iguales que permitan la preparación (1), maduración (2) y dosificación. La posterior dosificación se realizará también con seis (5+1) bombas dosificadoras siguiendo el mismo criterio que para el coagulante.

Decantación Lamelar Espesador.- El decantador espesador compacto proyectado está constituido por una cámara de floculación, posterior a la cámara de mezcla anteriormente descrita, seguida de la zona de decantador lamelar; con objeto de poder funcionar con altas velocidades de decantación, se ha previsto una recirculación externa de los lodos sedimentados y concentrados, con una concentración máxima de 50 kg/m<sup>3</sup>, y media de 30 kg/m<sup>3</sup>. De esta forma, la presencia de flóculos ya formados ayuda a la rápida formación de otros de mayor tamaño y les proporciona mayor peso, por lo que favorece el proceso de sedimentación y espesado del manto de lodos; el efecto combinado de la recirculación de lodos y el sistema de lamelas permite que estos aparatos puedan funcionar con cargas hidráulicas sobre la superficie de decantación, del orden de 30 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> según caudales.



Dado el tamaño del floculo, en la parte inferior de la zona de sedimentación se sitúa un espesador de rasquetas que concentra los lodos sedimentados a valores medios de 50 kg/m<sup>3</sup>. Parte de los lodos sedimentados y concentrados se recirculan, como hemos indicado, a la entrada a la cámara de floculación y el exceso se enviará a los depósitos de homogeneización de lodos de los edificios de digestión y calefacción de lodos n° 1 y n° 2. Se han adoptado cinco líneas de decantación que funcionarán en época de lluvias quedando una fuera de servicio en estiaje.

El espesamiento de los lodos se produce en el fondo del decantador, mediante un puente espesador de 22 m de diámetro de barrido circular, y favorecido por la profundidad total del equipo que alcanza los 5,7 m de altura de agua y 6 m total. La recogida de aceites, grasa y flotante de la superficie de los decantadores-espesadores lamelares se realiza mediante unas tolvas metálicas ubicadas en uno de los extremos de cada decantador. De las tolvas son canalizadas al cárcamo de bombeo de grasas donde se ubican las bombas que las impulsan hasta el equipo flotador compacto donde se concentran. el agua decantada, a la salida del decantador lamelar espesador, se introducirá en los filtros de malla, tras ser recogida en los canales de agua decantada dotados de vertederos de ventana triangular.

Filtración mediante filtros de malla. El agua clarificada accede a treinta y seis (36) filtros de mallas, o también llamados microtamiz, de discos, tipo DynaDisc, que es un filtro para el afino de sólidos en suspensión se compone de un número de discos unidos a un rotor, los discos están formados por una serie de segmentos fácilmente desmontables previstos de la tela filtrante que puede escogerse libremente pero para conseguir unos rendimientos adecuados, el paso seleccionado es de 100 micras.

El agua a tratar se alimenta por la compuerta de entrada en un extremo y llega hasta los discos a través de unas aperturas en la tubería central giratoria y pasa a través de los discos de gravedad. La filtración se consigue debido a que el nivel de agua en el interior de la tubería giratoria es mayor que el nivel de agua filtrada en la zona exterior de los discos. Cuando el nivel de agua en el interior de los discos aumenta, el rotor empieza a hacer girar los discos y se empiezan a limpiar los discos con las boquillas de agua a presión. El agua a presión elimina los sólidos en suspensión acumulados. Estos sólidos se recogen en un canal de salida de agua de lavado de telas y es canalizado mediante tuberías hasta un filtro adicional de similares características, pero con la tela filtrante de 40 micras de paso, que sirve para concentrar estos sólidos.

Los filtros de discos de instalación en cárcamos de concreto, están formados por:

- Compuerta de alimentación.
- Rotor con correa de transmisión síncrona, alojada en cojinetes centrales.
- Discos filtrantes con segmentos fácilmente desmontables.
- Plataforma, con depósito para control de nivel de agua filtrada.
- Canal de salida de rechazo, con descarga de la salida a través del eje central.
- Cubierta con tapas de apertura para inspección.
- Sistema de control.
- Depósito de entrada con rebosadero de emergencia hacia el agua de rechazo. El agua una vez filtrada será enviada a dos cámaras de cloración para su desinfección. De forma adicional y siempre que la calidad del agua tratada a la salida del

decantador lamelar espesador cumpla los requisitos de calidad especificados, este sistema de filtración podrá ser by-paseado.

Desinfección mediante cloro gas. El agua una vez filtrada será desinfectada mediante cloro gas en dos cámaras de contacto. Las cámaras de contacto tendrán un volumen total de 21,600 m<sup>3</sup>, siendo el tiempo de retención real a caudal de diseño de 12 m<sup>3</sup>/s de 30 minutos.

Cada cámara está formada por 12 laberintos de 7 m de ancho unitario.

Las cámaras de desinfección tendrán una compuerta de entrada motorizada de 3.5 X 3.5m, la cual en caso de considerarlo se podrá cerrar y by-pasear todo el caudal, y la salida se realizará mediante vertedero. Se instalan dos líneas de contacto para permitir una eventual limpieza de una de ellas mientras que se permite continuar la operación con la segunda descarga de agua tratada; la PTAR contará con estructuras y conducciones para las descargas de agua tratada del TPC y del TPQ hacia el Canal Salto-Tlamaco y el río El Salto.

Las descargas de agua tratada del TPC y TPQ estarán equipadas, cada una con instalaciones para medir y totalizar el caudal tratado. El punto para la verificación de la calidad del agua efluente será el punto final de cada descarga dentro de los terrenos de la PTAR. También se incluirá la medición y totalización del caudal efluente del TPC que no sea desinfectado y se vierta hacia el río El Salto, cuando sea el caso.

Sistema de monitoreo. Se realizarán durante las pruebas de arranque y a lo largo de la operación de la PTAR, todas las mediciones, recolecta de muestras e inspecciones, análisis y pruebas de laboratorio necesarias para comprobar el cumplimiento en cuanto el cumplimiento de la calidad de la descarga de agua tratada.

Los siguientes parámetros serán enviados al Sistema de Control de la PTAR Atotonilco y también serán enviados a las oficinas de monitoreo central de la CONAGUA. Se considera la instrumentación necesaria para medir como mínimo los siguientes parámetros:

#### Pretratamiento

- Medición y Monitoreo de Nivel en Canal de Rejillas Gruesas.
- Medición continua y totalización diaria de Flujo de entrada a desarenadores.
- Medición continua y totalización diaria de Flujo en canal de excedencias al Río el Salto.

#### Tratamiento Primario

- Medición y monitoreo de Nivel en Cárcamo de Bombeo.
- Mediciones continuas; totalización diaria de Flujo de Efluente Primario a Reactores Aeróbicos.
- Medición y monitoreo Nivel en Cárcamo de Lodo Primario.
- Medición y monitoreo Nivel en Tanque de Natas.
- Medición y monitoreo de flujo de lodos primarios a Tamiz de Lodos Primarios.
- Medición y monitoreo de Sólidos Suspendidos Totales de lodo primario a Tamiz de Lodos Primarios.

### Sedimentación Secundaria

- Medición y monitoreo Nivel Lecho de lodos en Clarificador secundario. Reactor Aeróbico.
- Medición y monitoreo de Oxígeno Disuelto en reactor aeróbico.
- Medición y monitoreo de Sólidos Suspendidos Totales en reactor aeróbico.
- Medición y monitoreo de la Alimentación Flujo de aire de sopladores para difusión a reactores aeróbicos.
- Medición y monitoreo de Flujo de lodo secundario a Reactor aeróbico.
- Medición y monitoreo de Nivel en cárcamo de lodo secundario.

### Desinfección

- Medición y monitoreo de Cloro Libre Residual en Tanque de contacto de cloro.
- Medición continua y totalización diaria de flujo de agua tratada a canal el Salto.
- Medición y monitoreo de Cloro de Torre de absorción a la atmósfera.
- Medición continua y totalización diaria de Flujo de Agua Tratada de TPC al río el Salto.

### Detección de fuga de Cloro y de SO<sub>2</sub> control de olores

- Medición y Monitoreo de H<sub>2</sub>S en área de Control de Olores. Servicios.
- Medición y monitoreo de Cloro Libre Residual en Tanque de agua filtrada.
- Medición y monitoreo de Nivel Tanques de agua filtrada.
- Medición y monitoreo de flujo en líneas de agua filtrada. Tren de Proceso químico (TPQ).
- Medición y monitoreo de flujo de entrada en vertederos de mezcla-floculación.
- Medición y monitoreo de flujo en bombas de recirculación de lodos.
- Medición y monitoreo de flujo en bombas de lodos en exceso.
- Medición y monitoreo de nivel en cárcamos de sobrenadante. Caja de salida.
- Medición y monitoreo de nivel para el arranque de bombas de agua tratada.
- Medición y monitoreo de nivel en continuo en el pozo de bombeo. Zona de espesamiento.
- Medición y monitoreo de nivel de lodos en los canales de Tamizado lodos a espesamiento.
- Medición y monitoreo de nivel de lodos espesados en arqueta de recogida.
- Medición y monitoreo de caudal de lodos en la impulsión de bombas a depósito de homogeneización.
- Medición y monitoreo de nivel de lodos para el arranque de las bombas. Zona de flotación.
- Medición y monitoreo de nivel de lodos en canales de Tamizado lodos a flotación.
- Medición de caudal de aire para presurizada en flotación.
- Medición de presión en la impulsión de bombas de presurización de aire en flotación.
- Medición presión agua presurizada a presurización, entrada de flotadores.
- Medición y monitoreo de nivel de lodos de lodos flotados en arqueta de recogida.
- Medición y monitoreo de lodos flotados enviados a homogeneización.

#### Fangos mixtos

- Medición y monitoreo de nivel canales de Tamizado lodos TPQ.
- Medición y monitoreo de nivel de lodos mixtos en los depósitos de homogenización de los mismos.
- Medición y monitoreo de caudal de lodos en la impulsión de bombas a cada uno de los digestores.

#### Digestión anaerobia

- Medición y monitoreo de caudal de lodos en la entrada a cada uno de los digestores.
- Medición de temperatura para lodos calientes, lodos a calefacción, agua caliente y agua a refrigeración empleados en digestión.
- Medición y monitoreo de gas metano en las salas: soplantes de gas, cogeneradores y calefacción.
- Medición y monitoreo de pH y temperatura en la entrada de lodos de digestión a calefacción.
- Medición y monitoreo agua de calefacción a cada uno de los intercambiadores de calefacción.
- Medición y monitoreo de caudal de gas en las calderas en digestión.
- Medición y monitoreo de nivel de fuel en continuo en los depósitos de almacenamiento fuel.
- Medición de presión y temperatura en las tuberías de entrada y salida de lodos a intercambiador así como en las entradas y salidas de agua a intercambiador.
- Medición y monitoreo de nivel de reactivo en los depósitos de almacenamiento de cloruro férrico, almacenamiento de cal y tanque de preparación de lechada de cal, empleado en digestión.
- Medición de presión en la impulsión de cloruro férrico a cada uno de los digestores.
- Medición y monitoreo caudal de gas producido por cada uno de los digestores.
- Medición Presión de Gas en cada uno de los digestores.

#### Depósito tampón

- Medición y monitoreo de nivel de lodos en los depósito tampón de lodos a deshidratación.
- Medición y monitoreo de pH de lodos en las llegadas de lodos digeridos a los depósitos tampón de lodos a deshidratación.

#### Deshidratación

- Medición de nivel en depósitos de preparación, maduración y dosificación de polímero empleados en deshidratación.
- Medición y monitoreo de caudal de lodos en las tuberías de impulsión de lodos a deshidratación.
- Medición y monitoreo de lodos deshidratados en silos de almacenamiento.
- Báscula de pesaje para monitoreo y control de fangos a monorrelleno.



## Cogeneración

- Medición y monitoreo de caudal de gas en la salida de cada uno de los digestores, entrada a antorchas, salida de soplantes a calderas y motogeneradores.
- Medición y monitoreo de concentración de metano en las salas: de soplantes de gas, calefacción y cogeneración.
- Medición y monitoreo de temperatura en las tuberías de agua en el circuito de recuperación de energía.
- Medición de presión y temperatura en las tuberías de agua en el circuito de recuperación de energía.
- Medición y monitoreo de presión de gas en la red.
- Medición y monitoreo de caudal de gas a cogeneración.
- Medición y monitoreo presión en estrada y salida equipos de limpieza biogás.

Sistema de control SCADA. El sistema de control para la PTAR Atotonilco deberá ser un control supervisorio y de adquisición de datos (SCADA) el cual deberá suministrar funciones de control, monitoreo, alarma, registro de alarma, reporte y registro de datos; el sistema de SCADA generará una base de datos diarios de alarmas, maniobras, mediciones, resultados promedio diarios de los parámetros de calidad de agua por punto de medición, dosificaciones y niveles, reflejando resultados en informes diarios de manera sistematizada y almacenándolos en archivos diariamente.

El sistema de SCADA incluirá una red de control del proceso separada de la Red del Área Local (LAN) de la PTAR, y será completamente capaz y configurable para permitir la operación de las instalaciones de la PTAR en modo automático, semiautomático y manual. La configuración del sistema SCADA maximizará la eficiencia de las operaciones de la PTAR, con el objeto de apoyar el nivel del plan de operaciones y actividades del equipo de operación. La PTAR tendrá una sala de mando central en las áreas clave de operación y control en el edificio principal. Análisis de laboratorio y reporte de resultados.

La colecta de las muestras de agua residual y tratada para verificar el cumplimiento normativo, así como la integración, preservación, transporte y análisis de las muestras, se efectuarán por un laboratorio externo registrado ante la Entidad Mexicana de Acreditamiento (EMA).

Los resultados de análisis serán reportados directamente por el laboratorio externo a un sitio en Internet, al que tendrá acceso irrestricto el personal designado por la CONAGUA.

Para el monitoreo de las aguas residuales se contará con las instalaciones, equipo, instrumental y accesorios necesarios para realizar los análisis de los parámetros incluidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996. Estos análisis incluyen, aunque no estarán limitados, a los siguientes parámetros:

1. Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días (DBO <sub>5</sub> )	13. Fosfatos Totales (PO <sub>4</sub> )
2. Demanda Química de Oxígeno (DQO)	14. Temperatura
3. Nitritos (NO <sub>2</sub> )	15. pH
4. Nitratos (NO <sub>3</sub> )	16. Conductividad Eléctrica
5. Nitrógeno Amoniacal (N-NH <sub>3</sub> )	17. Grasas y Aceites (G y A)
6. Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK)	18. Cloro residual
7. Sólidos Totales (ST)	19. Coliformes Totales y Fecales
8. Sólidos Volátiles (SV)	20. Huevos de Helmintos
9. Sólidos Disueltos Totales (SDT)	21. Metales pesados por absorción atómica
10. Sólidos Sedimentables (SS)	22. Tasa de absorción de Sodio
11. Sólidos Suspendidos Totales (SST)	23. Ácido sulfhídrico (H <sub>2</sub> S)
12. Fósforo total	24. Sulfuros

### II.9.5 Capacidad de Diseño de la Planta.

Considerando el efecto de las obras programadas para el tratamiento y reúso de aguas residuales dentro del Valle de México, se anticipa que el gasto de agua exportado a través de las descargas que confluyen en el río El Salto, se verá disminuido en los próximos años. En la temporada de estiaje la PTAR Atotonilco dará tratamiento a un caudal nominal de 23 m<sup>3</sup>/s en el TPC, así como el caudal excedente en el TPQ.

Caudales del agua residual influente a ser tratada en la PTAR Atotonilco

Condiciones de Diseño y Operación	Valor	Información auxiliar
<b>TPC, Período de Estiaje (212 días)</b>		
Caudal promedio de diseño, m <sup>3</sup> /s	23.0	
Caudal promedio de operación, m <sup>3</sup> /s	22.9	23.0
Caudal máximo, m <sup>3</sup> /s	30.0	
Caudal mínimo, m <sup>3</sup> /s	18.0	
Volumen del Período, Mm <sup>3</sup> *	<b>419.4547</b>	<b>421.2864</b>
<b>TPQ, Período de Estiaje (113 días)</b>		
Caudal promedio de diseño, m <sup>3</sup> /s	12.0	
Caudal promedio de operación, m <sup>3</sup> /s	12.0	6.8
Caudal máximo, m <sup>3</sup> /s	12.0	
Caudal mínimo, m <sup>3</sup> /s	0.0	
Volumen del Período, Mm <sup>3</sup> *	<b>66.3552</b>	<b>66.3552</b>
<b>TPC, Período de Lluvias (153 días)</b>		
Caudal promedio de operación, m <sup>3</sup> /s (Caudal promedio de diseño + 20%)	27.6	27.6
Caudal máximo de operación, m <sup>3</sup> /s	33.0	

Condiciones de Diseño y Operación	Valor	Información auxiliar
Caudal mínimo de operación, m <sup>3</sup> /s	22.1	
Volumen del Período, Mm <sup>3</sup> *	<b>364.8499</b>	<b>364.8499</b>
TPQ, Período de Lluvias (153 días)		
Caudal promedio de operación, m <sup>3</sup> /s	14.4	14.4
Caudal máximo de operación, m <sup>3</sup> /s	17.0	
Caudal mínimo de operación, m <sup>3</sup> /s	6.7	
Volumen del Período, Mm <sup>3</sup> *	<b>190.3565</b>	<b>190.3565</b>
<b>Total TPC + TPQ, Estiaje, Mm<sup>3</sup></b>	<b>485.8099</b>	<b>487.6416</b>
<b>Total TPC + TPQ, Lluvias, Mm<sup>3</sup></b>	<b>555.2064</b>	<b>555.2064</b>
<b>Total Tratado, Mm<sup>3</sup></b>	<b>1,041.02</b>	<b>1,042.85</b>

\* Los volúmenes por periodo están calculados con base en los caudales promedio de operación

En la temporada de lluvias se dará tratamiento a un caudal nominal de 23 m<sup>3</sup>/s en el TPC, más aquellas sobrecargas transitorias que el TPC pueda recibir sin afectar en forma permanente su operatividad en términos del control de los procesos y de la calidad del efluente; los caudales en exceso que se presenten por efecto de las aportaciones pluviales en la red de drenaje de la ZMVM recibirán tratamiento en el TPQ hasta por un gasto nominal de 12 m<sup>3</sup>/s, más aquellas sobrecargas transitorias que el TPQ pueda recibir sin afectar en forma permanente su operatividad, en términos del control de los procesos y de la calidad del efluente.

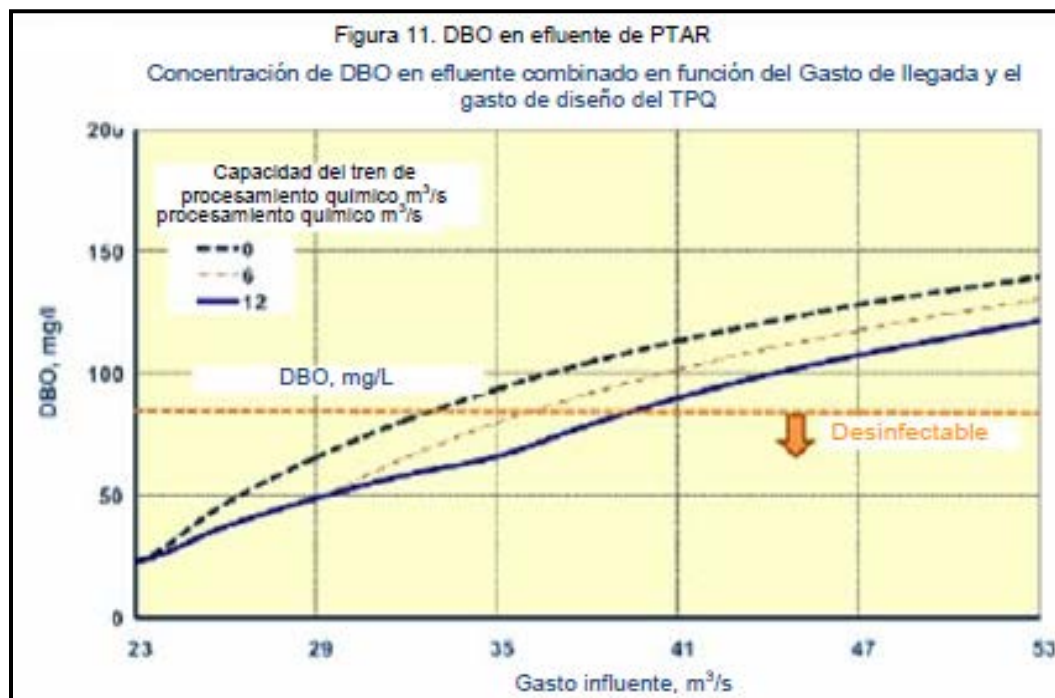
Cuando los gastos en estiaje rebasen la capacidad del TPC lo que puede ocurrir antes de que entren en servicio las obras programadas de aprovechamiento y reúso de aguas residuales dentro del Valle de México, los excedentes recibirán tratamiento en el TPQ.

Al entrar en operación la infraestructura de saneamiento, la capacidad de tratamiento del TPQ (12 m<sup>3</sup>/s) se destinará para el tratamiento de los picos en el estiaje y de los sobre flujos de origen pluvial captados por el sistema de drenaje de la ZMVM.

El período de lluvias y la escorrentía generada se manifiestan con mayor intensidad durante los cinco meses comprendidos entre junio y octubre. Los caudales máximo horario, medio mensual y medio diario que aplican para cada tren de proceso para los periodos de estiaje y lluvia se indican a continuación.

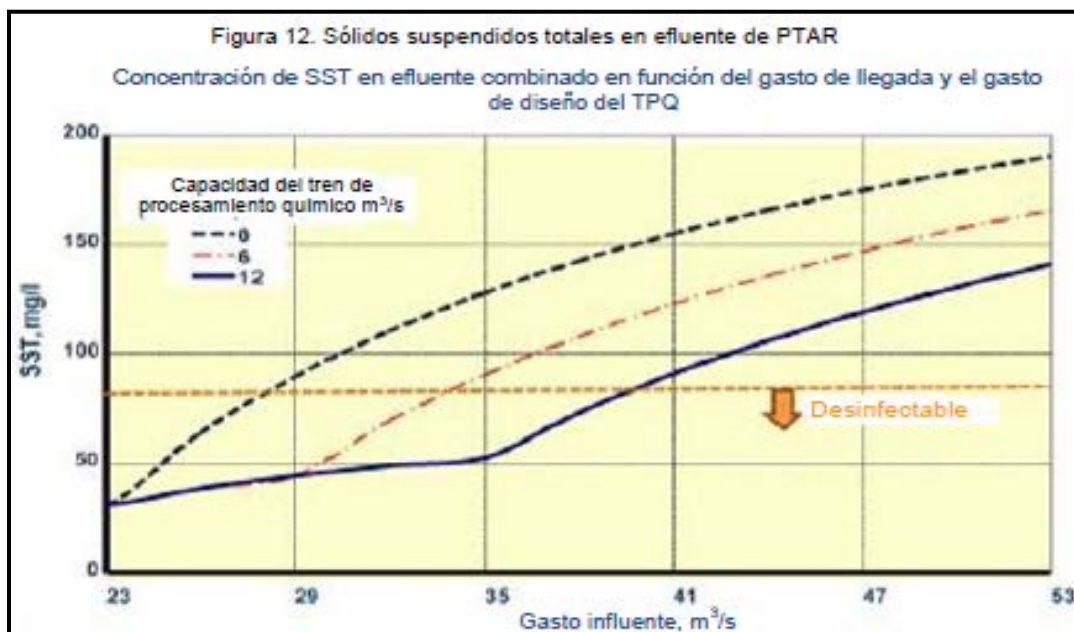
### II.9.6 Calidad Esperada del Agua Después del Tratamiento.

El dimensionamiento del TPQ se hizo después de analizar el comportamiento de la calidad del efluente combinado bajo distintos supuestos de gasto medio de diseño del TPQ y distintos gasto de influente. En la Figura 11 se muestran los resultados para la DBO. Como se puede observar en la Figura 11, al presentarse las lluvias y excederse el gasto de diseño del TPC, 23 m<sup>3</sup>/s, para los excedentes sólo hay dos posibilidades: tratamiento en el TPQ o desvío, sin tratamiento para mezclarse con el efluente tratado en el TPC. Si no hubiese TPQ, la calidad del efluente se vería rápidamente degradada como lo muestra la línea punteada del la Figura 11, pues con un gasto influente de 33 m<sup>3</sup>/s se alcanzarían concentraciones de DBO en el efluente combinado que difícilmente permitirían su desinfección; si la capacidad del TPQ fuese de 6 m<sup>3</sup>/s, el efluente combinado se podría desinfectar hasta un gasto influente de 36 m<sup>3</sup>/s, y con el gasto seleccionado de 12 m<sup>3</sup>/s para el tren de procesos químicos se podrá desinfectar hasta un gasto influente de 39 m<sup>3</sup>/s, y si se consideran sobrecargas temporales, aceptables, sin colapsar los procesos de tratamiento de un 10 a 20%, la conclusión es que el gasto medio esperado en época de lluvias, 42 m<sup>3</sup>/s podrá ser desinfectado con el conjunto propuesto de trenes de tratamiento.

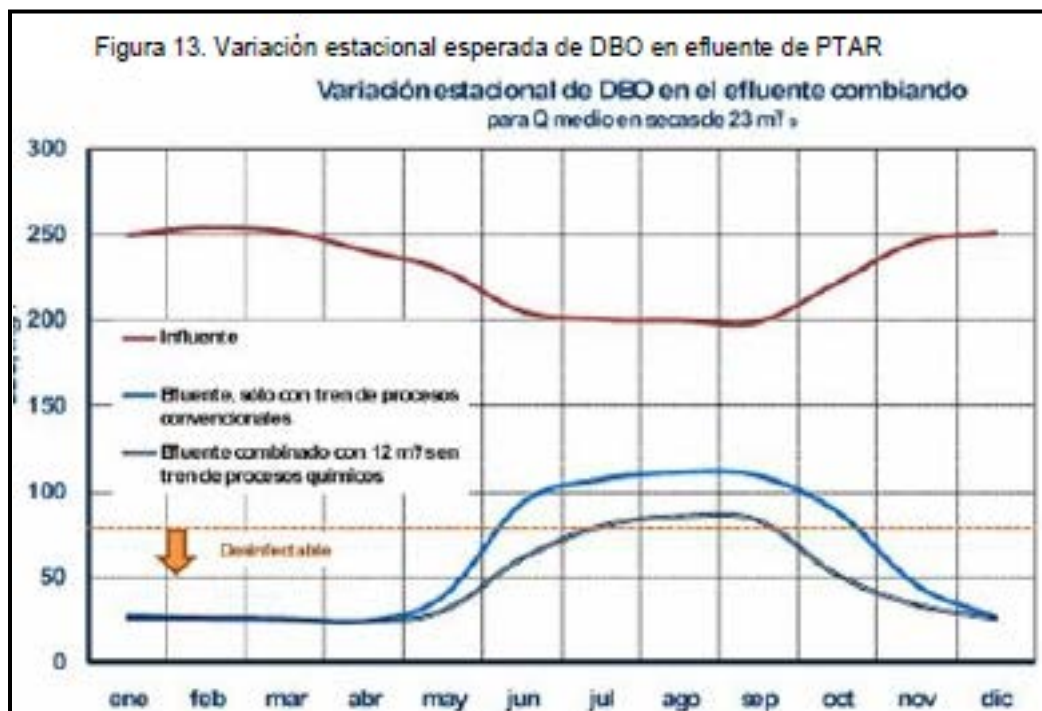


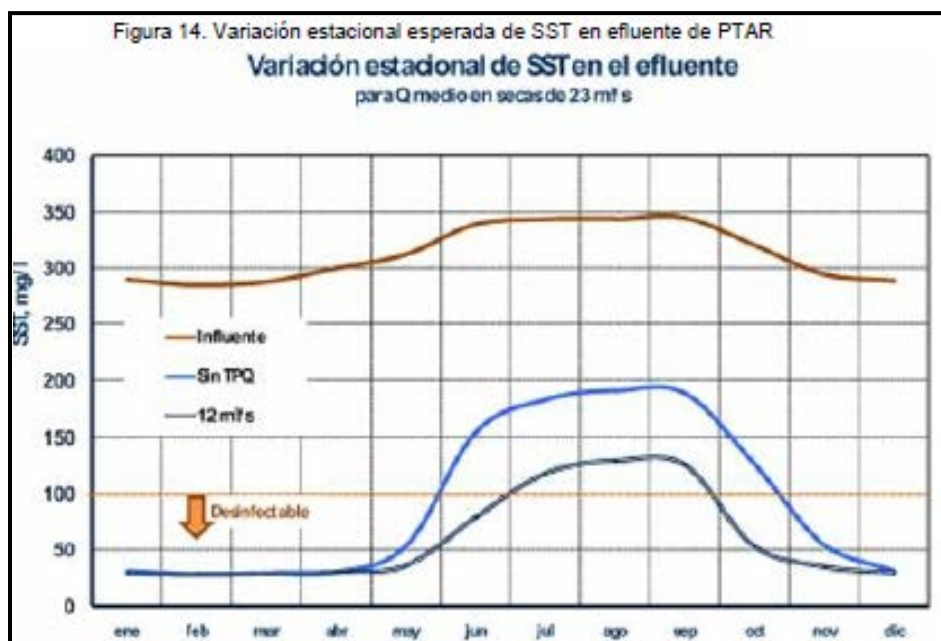
Un gráfico de curvas similares, pero para sólidos suspendidos totales se muestra a continuación.



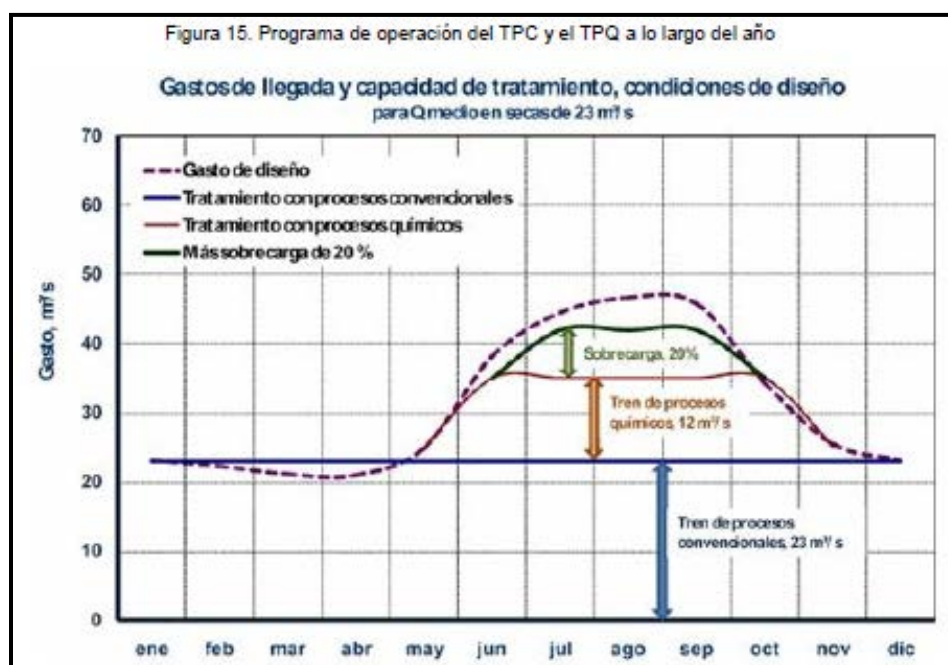


En la Figura 13 se compara el comportamiento esperado de la concentración de DBO en el efluente combinado de la planta con y sin el tren de 12  $m^3/s$  del TPQ; como puede observarse la adición del TPQ permitirá la desinfección del efluente prácticamente todo el año.





Un problema más difícil plantea la concentración de sólidos en efluente combinado en tiempos de lluvia; en ausencia de datos experimentales de tratabilidad, el análisis teórico se realizó sobre la base de que la eficiencia en la remoción de sólidos en el TPQ era un porcentaje constante, si bien en los procesos de clarificación la concentración de sólidos suspendidos en el efluente es razonablemente constante e independiente de la concentración en el influente, dentro de ciertos rangos, y depende más de la sedimentabilidad del floculo. Con estas reservas se muestra en la anterior la concentración esperada de sólidos suspendidos en el efluente combinado para los diferentes meses del año.



Cabe mencionar que el TPQ fue dimensionado (y costeado) con proceso de coagulación con cal a una dosis de 150 mg/l de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y la experiencia indica que la cal, por si sola produce un flóculo demasiado ligero como para poder ser separado gravimétricamente, por lo que es necesario agregar un co-coagulante (metálico u orgánico) para ayuda en la floculación y clarificación del agua; actualmente el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) está conduciendo estudios experimentales de tratabilidad del agua del Emisor Central que incluyen entre sus objetivos el evaluar y proponer la mejor combinación de coagulantes para la clarificación de las aguas del Emisor Central. Por lo tanto se concluye que la calidad del influente estará dentro de los límites máximos permisible de la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Tabla 6. Calidad esperada del efluente

Parámetro	Influente	Efluente TPC	Efluente combinado		Unidades
			Q = 32 m <sup>3</sup> /s	Q = 35 m <sup>3</sup> /s	
Sólidos suspendidos	313	31	49	53	mg/l
% de sólidos volátiles	61	71	68	67	%
DBO	229	23	58	66	mg/l
DBO soluble	115	12	41	47	mg/l
DQO	570	26	99	115	mg/l
DQO soluble	285	5	84	101	mg/l
Nitrógeno total de Kjeldahl (NTK)	28	12	14	15	mgN/l
NTK soluble	20	10	13	14	mgN/l
Amoniaco	20	10	13	14	mgN/l
Fosforo total	11	8	7	7	mgP/l
pH	7.6	7.6	8.6	8.6	
Sólidos sedimentables	10	0	0	0	ml/l
Grasas y aceites	15	0	0	0	ml/l

DBO SST  
 Tren de procesos convencional (TPC) 90% 90% Q TPC= 23 m<sup>3</sup>/s  
 Tren de procesos químicos (TPQ) 35% 70% Q TPQ= 12 m<sup>3</sup>/s

Calidad del agua tratada (efluente). Como Objetivo de Calidad del agua tratada en el efluente del TPC de la PTAR Atotonilco, se debe cumplir con las Condiciones Particulares de Descarga que se indican en la siguiente tabla, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en la descarga de agua tratada al Canal Salto-Tlamaco.

Tabla 7. Límites Máximos Permisibles en el efluente tratado del TPC

Parámetro	Unidades	Promedio Mensual	Promedio diario
Temperatura	Grados Celsius	Condiciones Naturales +1.5	Condiciones naturales + 2.5
Potencial Hidrógeno	Unidades de pH	5-10	5-10
Grasas y Aceites	mg/L	15	25
Matena Flotante		Ausente	Ausente
Sólidos Sedimentables	ml/L	1	2
SST (Periodo de Estiaje)	mg/L	40	60
SST (Periodo de Lluvias)	mg/L	60	75
DBO <sub>5</sub> Total (Periodo de Estiaje)	mg/L	30	60
DBO <sub>5</sub> Total (Periodo de Lluvias)	mg/L	35	75
Coliformes Fecales	NMP/100 ML	1000	2000
Huevos de Helminto	Unidades por litro	1.0	3.0
Cloro residual	mg/L	1.0	1.0

Como Objetivo de Calidad del agua tratada en el efluente del TPQ de la PTAR Atotonilco, se debe cumplir con las Condiciones Particulares de Descarga que se indican en la siguiente tabla, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en la descarga de agua tratada al río El Salto.

Parámetro	Unidades	Promedio Mensual	Promedio Diario
Temperatura	Grados Celsius	Condiciones Naturales + 1.5	Condiciones Naturales + 2.5
Potencial Hidrógeno	Unidades de pH	5 -10	5 – 10
Grasas y Aceites	mg/l	15	25
Materia Flotante		Ausente	Ausente
Sólidos Sedimentables	ml/l	1	2
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	60	150
DBO <sub>5</sub> Total	mg/l	30	60
Coliformes Fecales	NMP/100 ML	1,000	2,000
Huevos de Helminto	Unidades por Litro	1.0	3.0
Cloro residual	mg/l	1.0	1.0

Adicionalmente, se cumplirá con lo que establece la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y la Ley para la Protección al Ambiente en el Estado de Hidalgo, México. También el diseño garantiza el estricto cumplimiento de la calidad solicitada en el efluente antes de su desinfección para poder cumplir con los valores promedio mensual y promedio diario de Coliformes Fecales y con el valor de Huevos de Helminto en el agua tratada.

Destino final del efluente tratado y sitios de descarga o destino de la misma. El efluente tratado del TPC será descargado al Canal Salto-Tlamaco donde será aprovechada para riego agrícola en el Distrito de Riego 003 y, en menor medida, al río El Salto. El efluente tratado del TPQ será descargado principalmente hacia al río El Salto, y en menor medida al Canal Salto-Tlamaco.

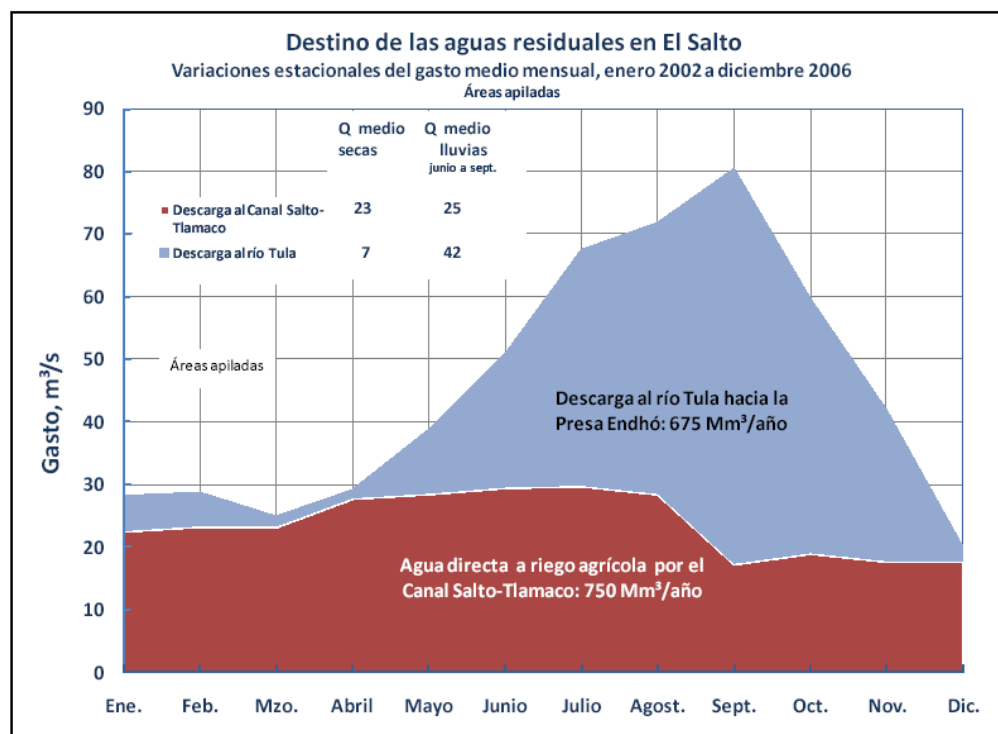
Cuando el caudal de agua residual en período de estiaje exceda la capacidad promedio del TPC, los caudales excedentes serán enviados al TPQ. Esta situación ocurrirá en tanto entren en servicio las obras programadas de tratamiento, aprovechamiento y reúso de aguas residuales en el Valle de México. El caudal del efluente de TPC en exceso de la demanda de agua para riego del Canal Salto-Tlamaco en período de estiaje será descargado al río El Salto una vez desinfectado; en período de lluvias, cuando ocurra el desvío de agua residual cruda al río El Salto, por presentarse caudales instantáneos mayores a 50.0 m<sup>3</sup>/s por más de 6 horas consecutivas, el efluente del TPQ será descargado al río El Salto sin ser desinfectado. La desinfección será reanudada cuando el caudal sea igual o menor a 50.0 m<sup>3</sup>/s. Cuando la demanda para agua de riego agrícola sea mayor que el volumen de descarga del TPC, se deberá desviar el efluente desinfectado del TPQ al Canal Salto-Tlamaco para satisfacer esta demanda.



Considerando el efecto de las obras de aprovechamiento y reúso de agua residual dentro del Valle de México, se anticipa que el gasto de agua residual de las descargas que confluyen en la PTAR Atotonilco se verá disminuido en 7.0 m<sup>3</sup>/s en los próximos años.

Cuando ocurra esto, la capacidad de tratamiento del TPQ se destinará exclusivamente para el tratamiento.

**Figura 16. Destino de las aguas residuales en El Salto**



Cuando los caudales del TPC y TPQ excedan de 27.6 y 14.4 m<sup>3</sup>/s, respectivamente, por más de 3 horas consecutivas, se descargarán sin tratamiento al río El Salto los caudales en exceso. Cuando el caudal en el TPQ sea mayor a 12.0 m<sup>3</sup>/s, el efluente del TPQ será descargado al río El Salto sin ser desinfectado. La desinfección deberá ser reanudada cuando el caudal sea igual o menor a 12.0 m<sup>3</sup>/s.

Cuando la demanda para agua de riego agrícola sea mayor que el volumen de descarga del TPC, se deberá desviar el efluente desinfectado del TPQ al Canal El Salto-Tlamaco para satisfacer esta demanda.

Considerando el efecto de las obras de aprovechamiento y reúso de agua residual dentro del Valle de México, se anticipa que el gasto de aguas residuales que confluyen en la PTAR Atotonilco se verá disminuido en 7.0 m<sup>3</sup>/s en los próximos años. Cuando ocurra esto, la capacidad de tratamiento del TPQ se destinará exclusivamente para el tratamiento estacional de los sobreflujos de origen pluvial captados por el sistema de drenaje de la ZMVM.

### **II.9.7 Manejo de Lodos**

La disposición de los residuos sólidos del tratamiento se realizará en dos etapas: en el período inicial de 22 años, los residuos se dispondrán dentro del terreno de la PTAR en un monorrelleno. En los años siguientes se dispondrán por fuera de los terrenos de la PTAR, de acuerdo a un plan futuro de disposición y reúso de estos residuos, y que probablemente se relacione con su incineración en la industria cementera. El diseño del proceso que se realizó con apego a las prácticas y principios de ingeniería reconocidos internacionalmente.

Esta descripción es enunciativa más no limitativa. La selección y el diseño del proceso del tren de tratamiento de lodos, incluye tratamiento con tecnología completamente probada y que asegura cumplir con la calidad de lodos y biosólidos que indica la **NOM-004-SEMARNAT-2002**, Protección Ambiental.-Lodos y biosólidos- especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final, además de cumplir con todos los ordenamientos legales aplicables en esta materia.

**Tren de tratamiento de lodos.** Para el tratamiento de la totalidad de los lodos generados en el TPC y el TPQ en periodo de estiaje y de lluvias, las siguientes unidades y etapas:

- El espesamiento de los lodos primarios.
- El espesamiento mecánico o por flotación de los lodos secundarios.
- El espesamiento mecánico de los lodos primarios y secundarios combinados.

El tanque de mezcla y almacén de lodos espesados.

- Los equipos de tamizado y/o molienda del lodo alimentado a los digestores anaerobios.
- El acondicionamiento, en su caso, para incrementar la remoción de los SSV en la digestión anaerobia.
- La digestión anaerobia de los lodos.
- El almacenamiento temporal del biogás generado en la digestión anaerobia.
- El sistema de quemado de biogás en calderas, transferencia de calor y recuperación de calor.
- El almacenamiento de los lodos digeridos con una capacidad mínima de 2 (dos) días calculada en base a la producción máxima mensual de lodos.
- El sistema de desaguado de los lodos digeridos.
- El sistema de secado térmico de los lodos desaguados.
- El sistema de acarreo y carga de los biosólidos hacia los contenedores.
- La flota de camiones y contenedores para efectuar el acarreo de los lodos hacia el sitio de disposición final.
- La maquinaria y equipos requeridos para extender, mezclar y compactar los biosólidos desaguados en el sitio de disposición final.

El tren de tratamiento de lodos, utilizará efluente tratado del TPC, adecuándolo a las características de calidad requeridas para los usos indicados. En las operaciones y procesos del tren de tratamiento de lodos, aplica el o los parámetros de diseño que definen volumen, capacidad o área superficial de la unidad de digestión o desaguado para las unidades de proceso de la PTAR Atotonilco.

El tratamiento para los sólidos y lodos generados en el TPC y el TPQ, incluye entre las unidades de tratamiento las siguientes: bombeo de lodos, mezcla y homogeneización, medición de caudales, estaciones de preparación y dosificación de polímero, espesamiento de lodos, acondicionamiento, digestión anaerobia, desaguado de lodos, carga y acarreo, así como la disposición final durante el período inicial de los residuos del tratamiento (material cribado, arenas, y biosólidos) de conformidad con la normatividad aplicable.

Al inicio de la operación del TPQ, los lodos producidos deberán ser estabilizados para su disposición final. Una vez que arranque la operación del TPC, los lodos de este tren conjuntamente con los del TPQ deberán ser digeridos para producir biogás.

Las corrientes internas de retorno provenientes del prensado de sólidos, lavado de arenas, espesamiento de lodos, del desaguado de biosólidos, o de cualquier etapa del tren de tratamiento y de disposición final en el periodo inicial de biosólidos, no podrán ser descargadas directamente a algún cuerpo receptor, por lo que deberán ser reincorporadas a las obras del tren de tratamiento de agua.

**Tamizado de lodos del TPQ, aceites y grasas TPQ y TPC.** Los lodos espesados en los decantadores lamelares espesadores son bombeados a dos tamices filtrantes autolimpiantes de 230 m<sup>3</sup>/h de caudal unitario y luz de paso de 3 mm. El bombeo de los lodos se realizará mediante (5+3) bombas de husillo excéntrico de 70 m<sup>3</sup>/h de caudal unitario y 50 m C.A.

Los tamices filtrantes autolimpiantes combinan el sistema filtrante con su sistema de limpieza, lo que permite la extracción automática de materiales flotantes y en suspensión en una corriente de líquido; Los tamices propuestos están realizados en acero inoxidable AISI-316L y AISI-304L. Cada tamiz descarga los sólidos de forma automática en un transportador-compactador, del tipo SIN-FIN, construido en AISI-304, equipado de protección lateral para evitar la caída de desechos, los cuales a su vez descargará en un contenedor. El lodo, una vez tamizado junto con los aceites y grasas, cae por gravedad al depósito de homogeneización de lodos, que se encuentra situado debajo de los tamices; los tamices cuentan con dos rejillas manuales de 5 mm de luz de paso instaladas en paralelo en cada canal a modo de by-pass, para aquellas situaciones en las que los tamices queden fuera de servicio.

**Tamizado de lodos primarios del TPC.** Los lodos primarios del TPC, previa entrada a los espesadores de gravedad serán tamizados mediante cuatro tamices filtrantes automáticos de idénticas características a los descritos en el punto anterior para los lodos espesados del TQP. Es decir, de 230 m<sup>3</sup>/h de caudal unitario y 3 mm de luz de paso; además contarán cada uno de ellos con una rejilla manual de 5 mm de luz de paso colocada en el canal de by-pass, los lodos tamizados caerán por gravedad a los espesadores gravimétricos. Se instalará un grupo de tamiz automático más rejilla manual por cada grupo de 4 espesadores, la alimentación a los mismos será automatizada y temporizada de forma automática.

**Espesamiento de lodos primarios.** Los lodos tamizados procedentes del TPC son espesados en dieciséis (16) espesadores de gravedad de veintitrés (23) m de diámetro y tres (3) m de altura cilíndrica. La concentración del lodo espesado considerado a la salida de los mismos es de 80 g/l.

El espesador está provisto de arrastre central mediante un sistema de piñón corona, al objeto de obtener el par necesario para asegurar el movimiento del sistema de espesado. La corona acciona un conjunto diametral de rasquetas y varillas, en acero inoxidable, que facilita la salida del agua intersticial; el sobrenadante de los espesadores se envía al canal de entrada de los clarificadores primarios a través de la red de vaciados.

Los espesadores completos podrán ser vaciados a cabeza, si fuera necesario, para lo que se ha dispuesto una tubería, con sus correspondientes válvulas de compuerta, con el fin de minimizar la producción de olores, cada espesador estará dotado de una cubierta flotante y tendrá cubierta el área del vertedero de donde se extrae el aire para ser enviado al tratamiento de olores; los lodos concentrados se extraen del fondo de cada espesador mediante válvula PIC y son bombeados al depósito de homogeneización mediante (8) bombas de tornillo helicoidal de 100 m<sup>3</sup>/h de caudal unitario a 20 m C.A., una por cada grupo de cuatro espesadores más una en reserva, en la época de estiaje las bombas funcionarán 2 unidades y 6 unidades en reserva, mientras que en la época de lluvias funcionarán 4 ud y 4 ud quedarán en reserva.

**Espesado lodos de exceso del TPC.** La función de separar los sólidos del líquido, en el que se encuentran en estado de suspensión por su reducido tamaño, es primordial para infinidad de aplicaciones, tanto industriales como municipales, bien para recuperar los sólidos valiosos ó bien para clarificar el líquido, reduciendo al máximo los sólidos en suspensión, esta función se suele realizar convencionalmente por dos sistemas principales: la decantación y la filtración.

El primero consiste en retener en un depósito el líquido que contiene sólidos en suspensión (normalmente aglomerados en partículas mayores por medio de la floculación) de modo que se decanten al cabo de un cierto tiempo en el fondo, de donde se van retirando continua o periódicamente.

La filtración por su parte consiste en forzar el paso del líquido a través de un medio filtrante (mallas con diferentes medidas, arena, etc.), donde son retenidos los sólidos, que posteriormente se retiran limpiando el medio filtrante.

El tercer sistema es la flotación por aire disuelto, conocido desde hace mucho tiempo, pero que por diversas razones ha sido marginado, pese a sus claras ventajas sobre los otros dos en muchas aplicaciones, se basa en el principio de la solubilidad del aire en el agua sometida a presión, consiste fundamentalmente en someter el agua bruta ya floculada a presión durante un cierto tiempo en un recipiente, introduciendo simultáneamente aire comprimido y agitando el conjunto por diversos medios, hasta lograr la dilución del aire en el agua; posteriormente se despresuriza el agua en condiciones adecuadas, desprendiéndose gran cantidad de microburbujas de aire.



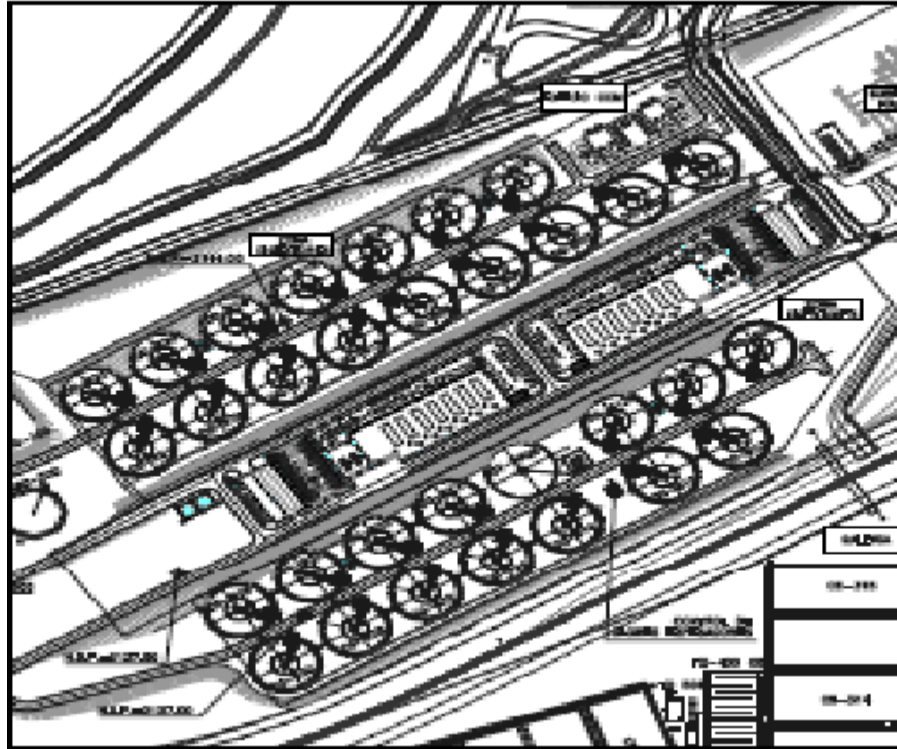
Estas se adhieren a los flóculos en cantidad suficiente para que su fuerza ascensional supere el reducido peso de los flóculos, elevándolos a la superficie, de donde son retirados, continua o periódicamente, por distintos medios mecánicos; con objeto de ahorrar energía por un lado y por otro para evitar al máximo la posible destrucción de flóculos en el turbulento proceso de creación de microburbujas, normalmente no se presuriza el caudal total de tratamiento, sino un caudal parcial de agua clarificada recirculada, suficiente para crear las microburbujas necesarias para el proceso. La flotación por aire disuelto presenta grandes ventajas, entre las que destacaremos las siguientes:

- **Tiempo de retención.** La flotación es un fenómeno mucho más rápido que la decantación, precisando por tanto un espacio ocupado mucho menor y un tiempo de retención muy breve.
- **Concentración de los sólidos separados.** Los sólidos sedimentados están sumergidos permanentemente en un medio líquido, por lo que su concentración tiene un límite muy bajo. Los sólidos flotados, por el contrario, están sobre un medio líquido, pero en contacto con el aire, pudiendo alcanzar concentraciones muy superiores a los decantados.
- **Productos químicos.** Los flóculos convenientes en la decantación deben ser grandes y bien formados, con objeto de acelerar el proceso. Para ello es precisa la adición de determinadas cantidades de productos químicos y la retención previa en floculadores para la buena formación de los flóculos. La flotación, en cambio, necesita solamente flóculos incipientes (pin flocs) de reducido tamaño, suficiente para la adhesión de las microburbujas. La cantidad necesaria de productos químicos será consiguientemente menor, así como el tiempo de formación del flóculo.
- **Depósito de homogeneización.** La homogeneización de los lodos de diferente procedencia, es decir, biológicos flotados del TPC, primarios espesados del TPC y primarios espesados del TPQ, se mezclan en dos depósitos de 562,5 m<sup>3</sup> de volumen unitario junto con las grasas y aceites flotantes procedentes de pretratamiento, clarificadores primarios y decantadores espesadores lamelares.

El tiempo de retención variará en función de la época, es decir, de 161,05 minutos para la época de estiaje a 71,08 minutos para la época de lluvias; cada depósito estará dotado de tres agitadores de fondo para la obtención de una buena mezcla del lodo y evitar la sedimentación del mismo. El lodo homogeneizado será bombeado a los 28 digestores mediante (28+4) bombas de husillo excéntrico de 35 m<sup>3</sup>/h de caudal unitario a 14+2 de las cuales bombearán a la línea alta de digestión, dotadas de 35 m C.A. de presión, y las otras 14+2 enviarán los lodos mezclados a los 14 digestores de la línea baja con una presión de impulsión de 20 m C.A.

### **Digestión de lodos.**

La digestión de lodos se realiza en 30 digestores de 13,000 m<sup>3</sup>, dispuestos en dos grupos totalmente independientes, formados un grupo por 16 unidades y el otro por 14. Cada grupo estará ubicado alrededor de un edificio de digestión donde se dispondrá todo el equipamiento necesario para la digestión (calderas, intercambiadores).



**Arreglo mecánico del área de digestión de lodos**

Se ha adoptado esta disposición para una mejor adecuación al terreno dada su difícil orografía. En cuanto a la estructura geométrica de los digestores seleccionados, se ha seguido las tendencias alemanas y centro-europeas, en general dirigidas a obtener una forma que conjugue los siguientes puntos favorables para conseguir el mayor rendimiento:

- Forma adecuada para la homogeneización del lodo.
- Superficie de la cubierta lo más reducida posible para evitar grandes superficies de contacto con el biogás y problemas de estanqueidad al biogás.
- Cubrir las juntas de concreto con la parte líquida, para asegurar la estanqueidad de estas juntas al biogás.

### **Dimensionamiento**

El dimensionamiento para la digestión se ha realizado teniendo en cuenta la variabilidad de caudales así como de cargas, con lo que el comportamiento del mismo será diferente en función de las diferentes épocas del año

	<b>Estiaje TPC</b>	<b>Estiaje TPC+TPQ</b>	<b>Lluvias TPC+TPQ</b>
Número de digestores..	30	30	30
Volúmen unitario, m <sup>3</sup> .	13 000	13 000	13 000
% Eliminación de volátiles.	50%	50%	45%
Diámetro, m.	25.15	25.15	25.15
Altura cilíndrica, m	21	21	21

### **Equipamiento de la digestión**

La digestión requiere una serie de equipos que permita la alimentación, descarga, intercomunicación, calentado, homogeneizado, vaciado, etc. de los digestores. Distinguimos varios tipos de equipos:

- Circuitos de lodos.
- Circuitos de biogás.
- Equipos para calentado.
- Equipos para homogeneización.
- Equipos de control, medida y seguridad.

Para las tuberías del digestor se han previsto los siguientes equipos:

- Tuberías de acero al carbono para los circuitos de lodos exteriores a los digestores y tuberías de polietileno o acero inoxidable para los circuitos exteriores de biogás.
- Tuberías interiores a los digestores en acero inoxidable AISI-316L.

### **Equipos de calefacción**

Teniendo en cuenta las pérdidas en los intercambiadores, adoptamos 30 unidades de 894 Kw, 770,000 Kcal/h, de capacidad unitaria de intercambio. El intercambiador propuesto es el de espiral, en acero al carbono, con una superficie de intercambio unitaria de 26 m<sup>2</sup>. Para alimentar estos cambiadores hacen falta un circuito de lodos y un circuito de agua caliente, por lo que se colocará un sistema de bombeo de agua y lodos por digestor. Un sistema de automatismo, mediante válvulas de tres vías accionadas mediante sondas de temperatura, mantiene la temperatura de los lodos, regulando el caudal de agua caliente que circula a través de cada intercambiador.

### **Calderas**

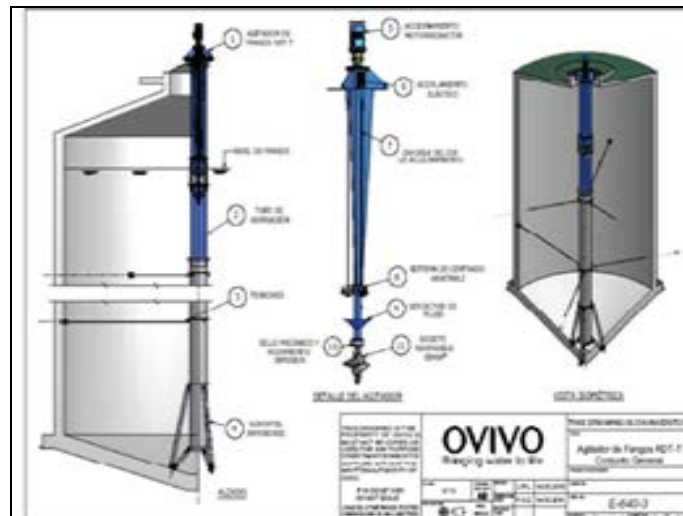
Para la producción de agua caliente se han previsto cuatro (4) calderas de 7,400 Kw de potencia unitaria máxima, que permiten cubrir las necesidades máximas, independientemente de la utilización del agua de la refrigeración de los motogeneradores, para la época de lluvias y (3 + 1) calderas de las mismas características para la época de estiaje. Al margen de que el quemador funciona con biogás de digestión, se ha previsto instalar el quemador mixto para poder ser alimentado desde seis depósitos de 10,000 litros de capacidad unitaria de diesel.

### **Homogeneización del digestor**

Para un correcto funcionamiento del proceso de digestión es necesaria una correcta homogeneización del lodo, es por ello que se ha adoptado una agitación mecánica mediante turbina de las siguientes características. El dimensionamiento de la agitación es el siguiente:

- Marca OVIVO
- Modelo RDT-T-75
- Potencia unitaria 55 kW.
- Número de agitadores por digestor...1

Este equipo capta el lodo de la parte baja del digestor y lo impulsa hasta la parte superior, consiguiendo de esta forma una correcta homogeneización del lodo, evitando igualmente que se produzcan sedimentaciones en el fondo del mismo.

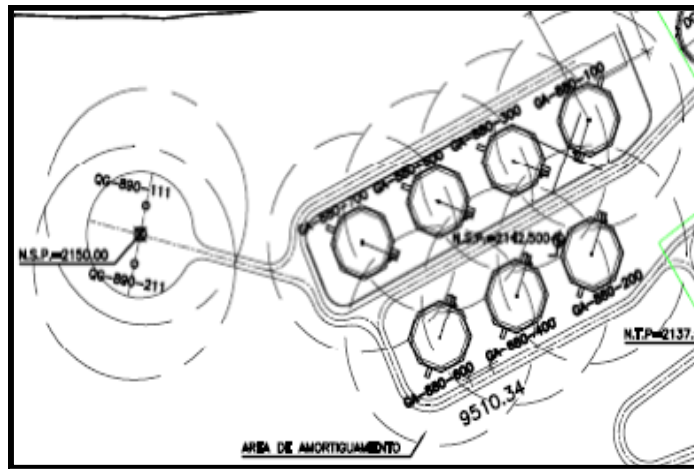


### **Circuito de purga de fondo del digestor y purga de superficie**

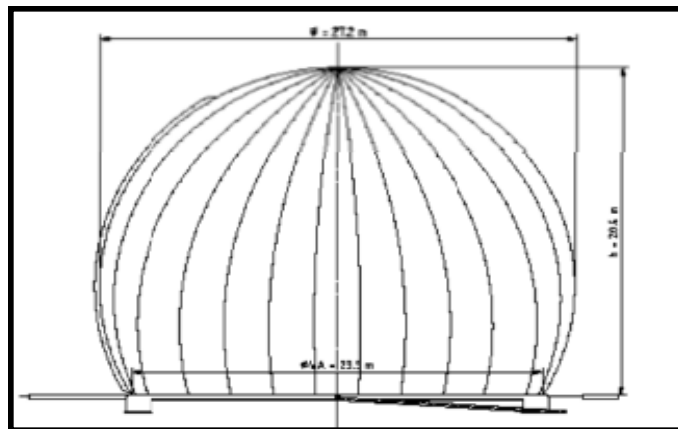
El sistema de extracción de lodos de los digestores no asegura extraer los posibles elementos más pesados que se van depositando en el fondo del digestor y que conviene sacar del circuito para evitar depósitos; para ello, se ha previsto un sistema de purga de "elementos pesados", mediante una válvula manual, este circuito cuenta con una carga de agua muy importante, por lo que la velocidad de salida es muy elevada y los arrastres de materias pesadas pueden producirse perfectamente. En superficie, se ha previsto una compuerta manual de 400 x 400 mm, en acero inoxidable, que permite extraer la capa superior de lodos. En este sentido, la forma geométrica del digestor y la situación de la lámina de lodo es muy útil, ya que permite hacer unas purgas adecuadas.



**Producción de biogás** Las materias volátiles digeridas sufren un proceso de rotura molecular, resultando como producto final CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>, aparte de otros gases como el H<sub>2</sub>S, siloxanos y vapor de agua saturado a esa temperatura. La tasa de producción de biogás adoptada para el diseño es 900 L / kgMV destruida. Se ha previsto un almacenamiento de biogás a baja presión en 7 gasómetros de 8,500 m<sup>3</sup> de volumen unitario, permitiendo de esta forma una pequeña reserva de capacidad de cara a su posterior utilización. Los gasómetros diseñados son de poliéster con recubrimiento interno y externo de PVC, resistente a la abrasión, a la acción bacteriana y a los rayos ultravioleta. Para el trasiego del biogás producido hacia los puntos de consumo están previstas tuberías en acero inoxidable/ polietileno.



Arreglo mecánico de gasómetros



Dibujo esquemático de gasómetro

PRODUCCIÓN DE BIOGÁS	UNIDADES	ESTIAJE (TPC)	ESTIAJE (TPC+TPQ)	LLUVIAS (TPC+TPQ)
	Nm <sup>3</sup> /h	6,553	9,140	13,577

**Operación y mantenimiento de digestores**

Pensando en la explotación y el mantenimiento, se han seguido una serie de criterios en la elección de los equipos y en el dimensionamiento de los circuitos que van en el sentido de contar con una planta de explotación sencilla. Los materiales utilizados en tuberías interiores, acero inoxidable AISI-316L, van en el sentido de reducir al mínimo las intervenciones. La posibilidad de extraer el licor de digestión, tanto por un sistema de purga de fondo como por un sistema de purga de superficie, con una compuerta de 400 x 400 mm, permite realizar una serie de operaciones que limitan los futuros problemas. Se ha cuidado especialmente dotar a todas las líneas de biogás con válvula de seguridad y arrestaflamas. En general, se ha previsto una serie de equipos de seguridad; se ha previsto la red de captación y conducción de biogás de diámetros suficientes y evitar pérdidas de carga excesivas.

**Almacenamiento de lodos digeridos**

El cálculo de los depósitos tampón (amortiguamiento) se ha realizado teniendo en cuenta el caso más desfavorable, es decir, una centrífuga fuera de servicio y los tiempos máximos de parada en deshidratación en condiciones normales de operación.

Con las premisas anteriores se han dispuesto dos depósitos tampón (amortiguamiento) con las siguientes características:

- Diámetro adoptado           25.5 m<sup>3</sup>.
- Volumen total                 7,660 m<sup>3</sup>.

Tiempo de Retención adoptado:

- Estiaje TPC+TPQ .....12.16 h.
- Lluvias TPC+TPQ.....7.60 h.

La agitación de cada depósito se realiza mediante tres agitadores sumergidos de 11.2 kW de potencia unitaria.

**Eliminación de sulfhídrico**

Uno de los mayores problemas en la utilización del biogás de digestión en motores de cogeneración, se origina por la presencia de sulfhídrico en el mismo, proponiendo para su eliminación, la adición de cloruro férrico en los digestores. De este modo se previene su aparición tanto en el biogás así como la formación de estrubita en los diferentes puntos del circuito, donde se puede dar una precipitación de la misma, debido a un aumento del pH de los lodos por desprendimiento del CO2. El cloruro férrico se almacenará en dos depósitos de donde tomarán el reactivo 32 (30+2) bombas dosificadoras, de forma que se tenga una bomba por línea siendo por tanto más fácil la regulación de la dosificación.

<b>Consumo de Cloruro Férrico para eliminación de H<sub>2</sub>S en digestores</b>				
	<b>UNIDADES</b>	<b>ESTIAJE (TPC)</b>	<b>ESTIAJE (TPC+TPQ)</b>	<b>LLUVIAS (TPC+TPQ)</b>
<b>CLORURO FÉRRICO al 40%</b>	TPD	4.67	6.52	9.68

TPD: toneladas/día

**Eliminación de siloxanos.-** Debido a la naturaleza de los siloxanos y al someterles a las altas temperaturas de los motogeneradores, estos compuestos se transforman en una primera etapa en silicatos para finalmente hacerlo en sílice, la cual es dañina para el sistema. Esta, al ser un material duro, se adhiere a las superficies más blandas del metal generando partículas de desgaste (desgaste abrasivo) que dañan el sistema, pudiendo provocar el fallo de funcionamiento del mismo. Es por este motivo y siguiendo indicaciones de las bases se ha propuesto un sistema de lavado de biogás y eliminación de siloxanos. Se ha optado por la instalación de un sistema de eliminación de siloxanos mediante filtros de carbón activo, previa a la entrada del biogás en los sopladores de alimentación a los motogeneradores. El sistema propuesto está formado por seis módulos de limpieza que garantiza la reducción de los siloxanos entre otros componentes, ya que combinan el efecto de condensación, el de enfriamiento y la adsorción sobre el carbón activo. La tecnología puede trabajar tanto en condiciones de aspiración como en impulsión y al ser en forma de modulo (pack) requiere un mínimo de inversión en obra civil.

Estos módulos cuentan con las etapas fundamentales de:

- Enfriamiento
- Condensación
- Adsorción de carbón activo

Todas estas etapas actúan simultáneamente garantizando un biogás apto para su aplicación en la producción de energía eléctrica en el quemado en motores de cogeneración, asegurando que no habrá problemas en las mismas debidas a esta causa. Las dimensiones aproximadas de cada módulo son:

- Alto 6,200 mm
- Largo 7,500 mm
- Ancho 4,500 mm

### **Dosificación de cal (eventual)**

Para la realización del ajuste de pH en digestión, para el eventual caso de ser necesario controlar un proceso de acidogénesis en algunos de los digestores, se propone una dosificación de lechada de cal en la impulsión de las bombas de recirculación de lodos del sistema de calefacción. Para ello proyectamos la instalación de una preparación de cal a partir de silos, de las siguientes características:

	Estiaje	Estiaje	Lluvias
	TPC	TPC+TPQ	TPC+TPQ
Dosis adoptada, g/m <sup>3</sup> .....	60	60	60
Tipo de producto .....		Cal apagada	
Número de silos de almacenamiento, .....	2	2	2
Volumen unitario adoptado, m <sup>3</sup> .....	24	24	24
Número de tornillos dosificadores previstos .....	2		
Número de cubas de dilución .....	2		
Número de bombas dosificadoras de la suspensión de lechada de cal:			
• Activas		2	
• Reserva .		2	
Caudal unitario adoptado....		13 m <sup>3</sup> /h	

El sistema está conectado a la red de agua de servicios permitiendo la limpieza periódica de las conducciones, para eliminar posibles depósitos de cal en las mismas mediante un Flushing.

### **Deshidratado de lodos.**

Se proyecta la realización de un deshidratado de lodos por centrífugas, al objeto de obtener el 28% de sequedad mínimo, para el dimensionamiento se ha considerado un funcionamiento de 24 horas al día y 7 días semanales instalándose una máquina de reserva, de modo que con una unidad fuera de servicio las instalaciones pueden continuar trabajando sin disminuir la capacidad ni eficacia; a captura de sólidos esperada en el deshidratado de lodos es del 97%; debajo de cada dos centrífugas se instalará un tornillo inyector que captará los lodos deshidratado de cada dos máquinas para elevarlos y transportarlos mediante dos tornillos a un silo con dos tolvas de 45 m<sup>3</sup>, lo que hace suponer un volumen total de almacenamiento de 270 m<sup>3</sup> para el total de las 12 centrífugas. Las centrífugas se alimentan con 12 bombas de cavidad progresiva, dotadas de variador eléctrico y 100 m<sup>3</sup>/h de caudal unitario.

### **Acondicionamiento de los lodos**

El lodo digerido se acondiciona previamente con polímero líquido preparado en continuo. Para la preparación y dosificación de reactivos, se ha previsto la instalación de cuatro líneas de dosificación con los siguientes elementos por cada línea:

- Equipo de dosificación automático de polielectrolito en polvo con sacos de 1,000 kg.
- 2 Cubas de maduración y almacenamiento de 40 000 l de volumen unitario.
- 2 Bombas de trasiego entre las dos cubas.



Esta instalación se diseña para dosis media de 5 kg de polímero por tonelada de materia seca y máxima de 7 kg por tonelada de materia seca. Para la manutención de esta sala de deshidratación, se ha previsto un polipasto de 2,500 kg, con sistema de izado y traslación eléctrico. El funcionamiento de toda la instalación de deshidratación es completamente automático, realizándose el control de marcha/paro tanto manual como en automático de las centrífugas bombas de lodo y de polielectrolito, de forma adicional, los equipos instalados contemplan la posibilidad de instalar un sistema de automatización y control de optimización del deshidratado, de manera que se ajusten de forma automática los parámetros requeridos al mínimo consumo energético y de productos químicos. La dosificación del polielectrolito a las centrífugas se realizará mediante (12) bombas de cavidad progresiva de 16 m<sup>3</sup>/h de capacidad unitaria máxima.

**Consumo de polímero en polvo para tpq y deshidratación**

	UNIDADES	ESTIAJE (TPC)	ESTIAJE (TPC+TPQ)	LLUVIAS (TPC+TPQ)
TPQ	TPD	- - -	0.93	1.12
DESHIDRATADO	TPD	1.78	2.72	4.72

TPD: tonelada s/día

**Agua de lavado**

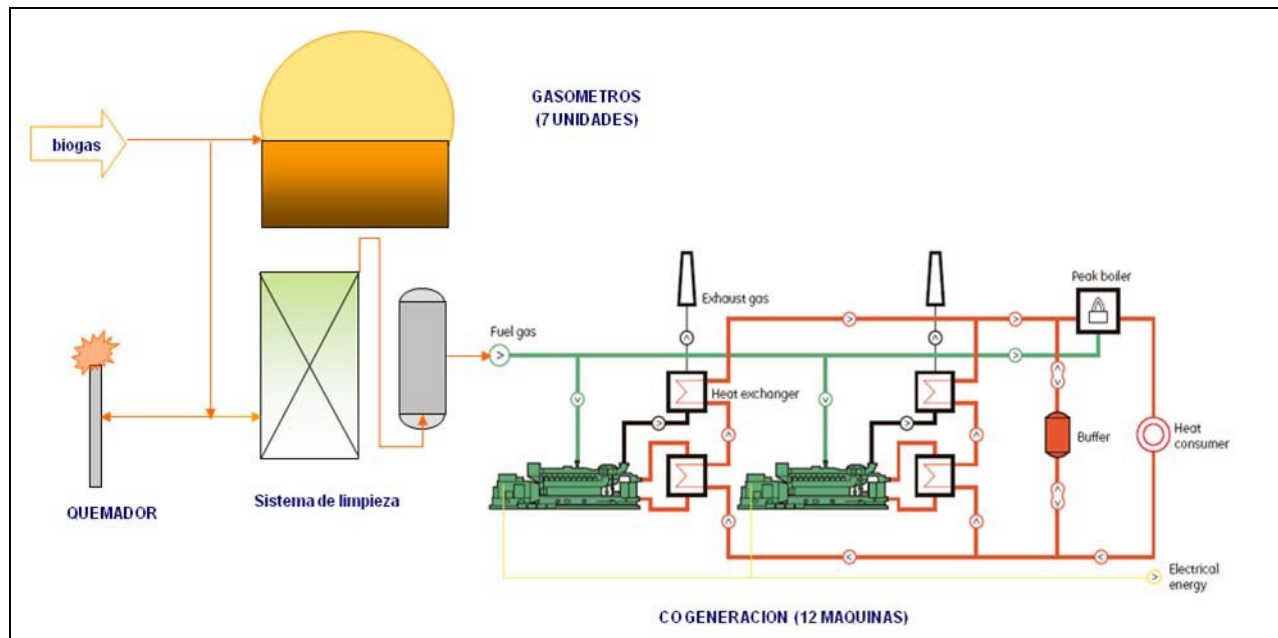
El caudal necesario para realizar el lavado de centrífugas es tomado de la red de agua de servicios, convenientemente diseñada para tal fin.

**Evacuación y almacenamiento de biosólidos.-** Para transportar los biosólidos desde la salida de las centrífugas hasta los silos de almacenamiento, se propone realizar la elevación de los lodos mediante seis tornillos. Cada dos centrífugas descargan directamente sobre un tornillo inyector que transporta los biosólidos hasta otro elevador. Finalmente un tornillo transportador será el encargado de descargar el biosólido deshidratado a cada tolva del silo de almacenamiento.

**Silo de biosólidos deshidratados.-** Para almacenamiento del biosólido deshidratado se han previsto 3 silos de 90 m<sup>3</sup>, con dos tolvas cada uno, de 45 m<sup>3</sup>. Cada tolva dispondrá de un tornillo de descarga de 50 m<sup>3</sup>/h de capacidad unitaria. El volumen total de almacenamiento de los tres silos es de 270 m<sup>3</sup>. Los silos están situados junto al edificio de deshidratación. Los silos disponen de dos bocas de descarga en las que se colocarán tornillos de descarga que favorezcan la extracción. Se ha diseñado un área de trabajo suficientemente amplia para la comodidad y seguridad del personal y maquinaria de explotación, así como para permitir la maniobra de entrada y salida de los Terragators de transporte de biosólidos deshidratados.

**Báscula.-** El pesaje de camiones se realizará en una báscula puente electrónica de 60 toneladas de capacidad máxima. El diseño modular de la báscula propuesta facilita el montaje y desmontaje con suma rapidez y sencillez. Para facilidad de transporte y manejo, la báscula está dividida en 4 módulos de 8 m de longitud por 1.5 m de ancho, no requiriendo ningún medio especial para su transporte. El puente plataforma está formado por 6 vigas longitudinales y cubiertas con una chapa de 10 mm de espesor soldadas a las vigas longitudinales y a las viguetas transversales, formando un bloque compacto y resistente.

## **Cogeneración.**



**Diagrama de Flujo del Sistema de Cogeneración**

### **Condiciones de diseño.**

Con el biogás producido en digestión se propone alimentar 12 (11 + 1) motores de cogeneración, de forma que la energía producida por los mismos sea aprovechada en el consumo de la planta. Se ha previsto un funcionamiento de 24 horas para estas máquinas. Los motores de biogás disponibles actualmente en el mercado, y que cumplen los requisitos necesarios para este diseño son motores de 2,717 -kWe, de producción unitaria.

### **Motogeneradores propuestos**

- Marca JENBACHER
- Modelo JMS 620  
Nº de motores: En operación 11, En reserva 1
- Potencia eléctrica generada unitaria . 2,717 kWe.

Estos motores se colocarán en dos edificios anexos a los edificios donde se encuentran toda la instalación de digestión de forma que la red de agua caliente sea lo más corta posible evitando en lo posible pérdidas de calor (energía) El calor generado por los motores servirá para el calentamiento de los digestores haciendo innecesaria la utilización de las calderas de biogás.

A continuación indicamos el % a quemar de biogás, el cual cumple con lo indicado en las bases, Apéndice 2, Volumen 1, Capítulo I-12 "Cogeneración energía eléctrica", punto 1.6 "Criterios generales de diseño del sistema de aprovechamiento del biogás generado". En el cual se indica que no se aceptará que el biogás no aprovechado en el sistema de cogeneración, que sea quemado en antorchas, represente más del 5% del volumen anual generado.

La alimentación de biogás a los doce motores se realizará mediante doce sopladores de 1,200 Nm<sup>3</sup>/h de caudal unitario, además dispondrá de dos silenciadores por sala (entrada y salida) lo que reducirá el nivel acústico considerablemente, la renovación del aire en cada motor se realizará mediante ventiladores helicoidales. Los motores de cogeneración disponen de su propio circuito de refrigeración, no obstante por seguridad en cada edificio de digestión se ha previsto de un sistema de refrigeración de emergencia en cada uno de los edificios de calefacción de lodos

**Descripción de la instalación eléctrica** La instalación de generación estará constituida por motores de biogás acoplados a un alternador.

La energía de los gases de escape y agua de refrigeración se recuperan en intercambiadores de calor, previo al secador, sin que entren en contacto con el producto a tratar, calentando el aire demandado por el secador en circuito cerrado. La energía eléctrica se produce en alternadores trifásicos, con tensión de 13.8 kV, los cuales estarán conectados y sincronizados con la red eléctrica principal. Los elementos fundamentales que componen la instalación de cogeneración son los siguientes:

- a) Motogeneradores, con sus elementos de gobierno y control.
- b) Aislamiento de los colectores de los gases de escape.
- c) Sensores instalados en los motores como son temperatura agua de refrigeración, presión agua de refrigeración, temperatura de aceite, presión de aceite, temperatura de la mezcla, presión de alimentación, nivel de aceite, etc.
- d) Actuadores instalados en los motores, como son actuador de la clapeta, válvula de by-pass turbo y motor para el accionamiento del cono en el mezclador de biogás.
- e) Sistema de refrigeración del motor en circuito cerrado.
- f) Rellenado automático de aceite, purga de aceite y bomba de refrigerante.
- g) Sistema de recuperación térmica por medio de intercambiador de calor mezcla/agua caliente proceso, intercambiador de calor aceite/agua caliente de proceso e intercambiador de calor agua camisas del motor/agua caliente de proceso.
- h) Alimentación de biogás combustible con rampa de biogás premontada, listo para la instalación en las tuberías de admisión de biogás hacia el grupo modular.

### **Control de olores**

Es normal que las plantas de tratamiento de aguas residuales y los sistemas de colección, generen emisiones de olor, la mayoría de los olores provienen de compuestos sulfurados, siendo el Ácido Sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) el principal agente generador de olor. Los compuestos sulfurados pueden ser detectados en concentraciones muy bajas y tienden a dispersarse lentamente.

En el diseño del sistema de control de olores se tomó la siguiente referencia de las base de licitación:

*...”Todas las instalaciones consideradas dentro de la obra de toma y el tratamiento preliminar de la PTAR deberán ser cubiertas, y sus emisiones tratadas de tal forma que la concentración máxima de H<sub>2</sub>S medida en su punto de salida a la atmósfera no exceda de 0.5 ppm o se obtenga una eficiencia de remoción de H<sub>2</sub>S al menos del 99%, la que resulte mayor”...*

Para el sistema de tratamiento de olores se consideraron básicamente las áreas solicitadas en las Bases de Licitación, que indican:

*... “incluirá el diseño de un sistema de control y tratamiento de los olores generados y emitidos en las unidades de la etapa de pretratamiento y el cárcamo de bombeo de agua cruda”...*

Para cumplir con éste requerimiento, se integró al diseño de la planta 05 sistemas de tratamiento biológico (BF-603, BF-606-001,002, BF-609-001,002, BF-624-001,002, y BF-631) que trabajarán básicamente en la remoción el ácido Sulfhídrico contenido en el aire recolectado de los diferentes equipos.

Para el control de olores se ha considerado cubrir los equipos y sistemas dónde comúnmente se puede presentar generación de olores, el aire encapsulado en estos equipos se purgará a una razón mínima de 3 volúmenes por hora, el aire extraído será dirigido a uno de los 5 sistemas de tratamiento biológico

Los sistemas considerados para control de olores son:

BF-603 Pretratamiento-Rejillas, dará servicio a los siguientes equipos y sistemas:

- Canal de distribución a rejillas (CD-100)
- Rejillas de Desbastes (RA-100-001...110)
- Canal de rejillas Gruesas y Finas (CA-101...110)
- Rejillas Gruesas (RA-101...110-001)
- Rejillas Finas (RA-101...110-002,003)
- Canal de distribución a desarenadores (CA-100-050) Parcialmente
- Cárcamo de bombeo para retorno de agua de transporte de basura (TQ-100-056)

BF-606-001,002 Desarenadores, dará servicio a los siguientes equipos y sistemas:

- Canal de distribución a desarenadores (CA-100-050) (Parcialmente)
- Desarenador – Desengrasadores (DA-120...127)
- Canal de Grasas y Aceites (parcial) (CA-112)
- Clasificadores y lavadores de Arenas (CL-143-150)
- Cárcamo de agua recuperada (TQ-137)



BF-609-001,002 Desarenadores y Tratamiento Primario, dando servicio a los siguientes puntos:

- Canal de Grasas y aceites (parcial) (CA-112)
- Cárcamo de Bombeo de Grasas y Aceites (TQ-136)
- Separadores de Grasas y Aceites (SGR-190)
- Desarenadores – Desengrasadores (DA-128...135)
- Canal de distribución a desarenadores (CA-100-050) ( parcial)
- Tratamiento Primario
- Tanque de natas (TQ-227...229)
- Cárcamo de lodos Primarios (TQ-226)

BF-624-001,002 Espesamiento de lodos, dando servicio a los siguientes puntos:

- Espesadores por Gravedad (EL-701...716)
- Cárcamo trasvase de lodo primario espesado TQ-700-002...004(TPC)
- Cárcamo de lodos Flotados (TPC) TQ-700-006...009)

BF-631 Digestión, Un Biofiltro dando servicio a los siguientes puntos:

- Canales de tamizado de lodos TPQ
- Depósitos de Homogeneización
- Depósito Tampón(amortiguamiento)

El diseño incluye cubrir los equipos de proceso y los canales de conducción, operándolo a presión ligeramente negativa, para evitar la fuga del aire e instalar ductos de extracción y conducción del aire y su envío al sistema de tratamiento; las cubiertas deberán ser selladas para evitar zonas abiertas a la atmósfera y tendrán uno o varios puntos para la extracción del aire hacia el sistema de tratamiento. En cada punto de extracción se instalará un dâmpner para el balance de la presión de succión del aire. El aire contaminado se extraerá mediante extractores tipo centrífugo fabricados en fibra de vidrio para evitar la corrosión originada por el H<sub>2</sub>S.

El flujo a extraer de las unidades de tratamiento se determinó en base a recomendaciones de ventilación para áreas de proceso cubiertas, directamente expuestas a agua residual o sólidos y sin acceso de personal. Para los desarenadores aireados, la extracción se determinó con el flujo de aire aplicado para difusión más un margen adicional por las fugas que se puedan presentar debido a que las tapas de estos equipos tendrán una zona abierta por dónde transitará el sistema de recolección de flotantes.

Debido a que no se cuenta con datos acerca de la concentración de H<sub>2</sub>S en el aire sobre el agua residual a la PTAR, se estimaron las emisiones de H<sub>2</sub>S a partir de la concentración de sulfuros en el agua residual de llegada a la PTAR (referencia: memoria cálculo de cada sistema).

El aire que contiene H<sub>2</sub>S y otros compuestos se colecta y se envía a los Biofiltros, que son básicamente Biotorres empacadas, el aire entra por la parte inferior y se humecta al ponerse en contacto con agua recirculada que fluye a contracorriente, a pasar a través de la torre, el aire se pone en contacto con el relleno del Biofiltro que es un medio sintético a base de sílica, el ácido sulfhídrico se solubiliza y entra en contacto con una biomasa que crece sobre el medio filtrante, la biomasa degrada el ácido sulfhídrico rápidamente.

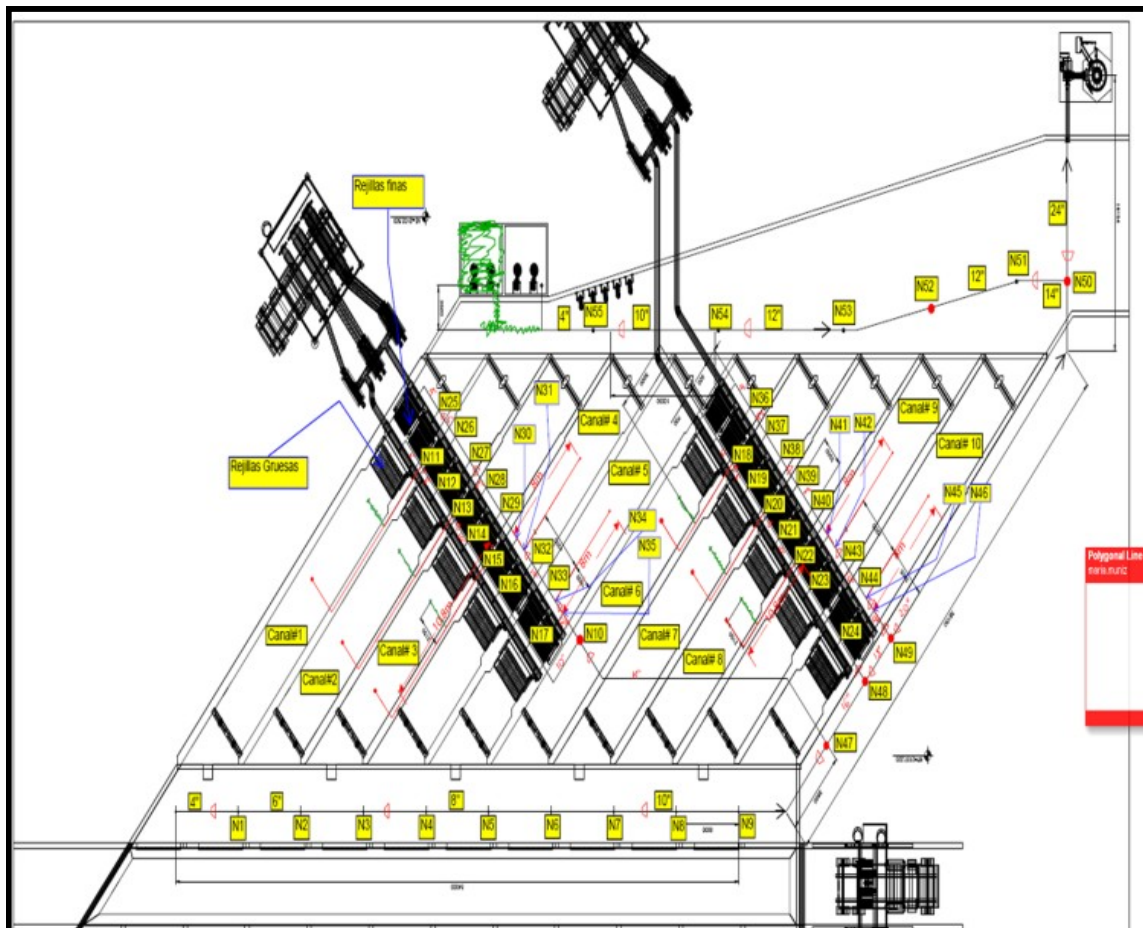
El  $H_2S$  se transformará en compuestos oxidados de azufre como  $SO_{4-2}$ . El aire limpio será descargado a la atmósfera por la chimenea en el extremo superior del Biofiltro; los Biofiltros requieren constantemente de reposición de agua de servicios la cual será proporcionada de la siguiente forma:

Para los Biofiltros BF-603, BF-606-001,002 y BF-609-001,002: tomarán agua de servicios del sistema hidroneumático de alta presión SH-500; para el Biofiltro BF-624-001,002 y BF-631. tomarán agua de servicios del sistema hidroneumático de Tren de Lodos SH-511.

Se tienen consideradas puntos de purga de condensados en los puntos bajos de la tubería principal de extracción para evitar acumulación de líquido.

Ejemplo del sistema de extracción: (BF-603)

El siguiente croquis representa la distribución del sistema de recolección en el área de pretratamiento:



**Arreglo del sistema de extracción de aire en rejillas**

### **Agua de servicios**

El agua para el suministro a los servicios internos de la PTAR será tomada a la salida de los tanques de contacto de Cloro para los siguientes servicios:

- Limpieza en área de rejillas finas automáticas.
- Limpieza de compactador de basuras de rejillas finas.
- Limpieza de desarenador-desengrasador.
- Lavado de arenas en clasificadores de arenas.
- Limpieza en área de rectores biológicos.
- Lavado de bandas de espesadores.
- Enjuague y limpieza (Flush) de bombas de lodos.
- Enjuague y limpieza (Flush) de intercambiadores de calor.
- Preparación y dilución de polímero.
- Riego de áreas verdes
- Área de digestión.
- Repuesto a Biofiltros, entre otros.

La mayoría de los requerimientos individuales de agua de servicios serán intermitentes. El conjunto de Abastecimiento de agua servicios (incluye agua potable) está compuesto por los siguientes sistemas y redes:

- Agua Servicios Baja Presión.
- Agua Servicios Alta Presión.
- Agua Servicios Tren de Lodos.
- Agua Servicios Filtrada.
- Agua Servicios Pos-Dilución.
- Agua Potable.

#### **Agua Servicios Baja Presión:**

Es agua tratada y desinfectada tomada a la salida del Tanque de Contacto de Cloro TQ-443-004/005, la presión y flujo lo proporciona el Sistema Hidroneumático SH-500. La red cubre principalmente las áreas 100 y 200, también agua de repuesto para los biofiltros de estas áreas. Entre sus usuarios se encuentran: limpieza de rejillas gruesas, rejillas finas, compactadores y lavadores de basuras, clasificadores y lavadores de arenas, agua de flush para las líneas de purga de lodos primarios, entre otros.

#### **Agua Servicios Tren de Lodos:**

Es agua tratada y desinfectada tomada a la salida del Tanque de Contacto de Cloro TQ-445-004/005, la presión y flujo lo proporciona el Sistema Hidroneumático SH-511. La red cubre principalmente las áreas 700, 800 y 900, también agua de repuesto para los Biofiltros de estas áreas, riego de jardines y agua servicios para el taller mecánico, Entre sus usuarios se encuentran: Flush de líneas de lodos espesado, limpieza en área de espesadores, limpieza área de digestores, dilución de cal, agua para centrífugas, etc.

#### **Agua Servicios Filtrada:**

Es agua tratada y desinfectada tomada a la salida del Tanque de Contacto de Cloro TQ-445-004/005, y que se hace pasar por filtros Multimedia FM-505...507-001 para disminuir los sólidos suspendidos que pudiera traer, el agua servicios filtrada es almacenada en el TQ-508, y la presión y flujo lo proporciona el Sistema Hidroneumático SH-510. Los usuarios de esta red son los sistemas de preparación de polímero en las áreas de TPC y TPQ.

### **Agua Servicios Pos-Dilución.**

Consiste de agua tratada y desinfectada tomada a la salida del Tanque de Contacto de Cloro, se emplea para diluir la solución de polielectrolito antes de ser dosificado a los usuarios.

### **Agua Potable:**

Es agua de pozo que ha sido acondicionada mediante filtración y clorinación. La red de agua potable está conformada por los siguientes equipos: La bomba de agua de pozo BV-512, Sistema de dosificación de cloro DC-517, Filtro Multimedia FM-514-001, Tanque de Agua de Pozo TQ- 513, la presión y flujo lo proporciona el Sistema Hidroneumático SH-515. Entre sus usuarios se encuentran: Lavabos, mingitorios, sanitarios, regaderas, lavaojos, tarjas de servicio en las áreas de mantenimiento, almacén edificio administrativo, laboratorio, caseta de vigilancia, cuarto de cloración, también como reposición de agua calderas y la red de agua contra incendio.

### **Sistema contra incendio.**

Las bases de Licitación, en su apéndice 2, Capítulo 1-7, punto 1.14.7, establecen que deberá proporcionarse un sistema completo de abastecimiento y distribución de agua contra incendios. De acuerdo a las recomendaciones de NFPA No.820, "Recommended Practice for fire protection in wastewater Treatment Plants". (Prácticas recomendadas para protección contra incendios en plantas de tratamiento de aguas residuales) las plantas tratadoras de agua están dentro de la clasificación Clase I, en la cual se menciona que el agente que pudiera causar alguna ignición o explosión en éste caso es: un gas o vapor.

Las tablas 4.2 y 5.2 de ésta norma, han sido tomadas como base de diseño y establecen las medidas de protección en las diferentes unidades de proceso del tren de tratamiento. Incluyendo la instalación de extinguidores, detectores de humo, combustible y una red fija de hidrantes y rociadores, las medidas se han plasmado en los diagramas ID\_0550\_PR2\_PL\_0084 / 0085 y 0086. Debido a la extensión y la distribución de las unidades a proteger se seleccionó una red compuesta de 2 circuitos de protección como se muestra en los dibujos mencionados, el primer circuito comprende las siguientes áreas: edificio de almacén, edificio de taller de mantenimiento, edificio de baños/comedor personal operativo, edificio de laboratorio, oficinas administrativas, área de digestores, área de lodos, edificio para lodos, taller de cambios. El segundo circuito comprende las siguientes áreas: reactores biológicos, espesadores, TPQ, pretratamiento y tratamiento primario.

El agua contra incendio es agua de pozo acondicionada mediante cloración y filtración en un filtro multimedia y que luego se almacena. La capacidad del tanque de almacenamiento se determinó de acuerdo a las indicaciones de la NFPA 22 y a la normatividad nacional que establece en la NOM-002- STPS mantener una capacidad suficiente para el suministro de 946 L/m durante un período mínimo de 2 horas. Asimismo, el suministro a cada sistema de rociadores de acuerdo a NFPA-13 tabla 11.2.2.1 establece la capacidad de las bombas en 63.1 L/s

Los 2 circuitos que forma el sistema contra incendio son alimentados por:

- Bomba Principal Eléctrica (BC-550) tipo centrifuga horizontal con motor eléctrico aprobado U.L. Y F.M. de una capacidad de 63.1 L/s y una presión de 10.5 kg/cm<sup>2</sup>.
- Bomba Principal de Combustión interna (BC-551) con motor diesel aprobado U.L. Y F.M. 63.1 L/s, y una presión de 10.5 kg/cm<sup>2</sup>. Esta bomba es utilizada para protección del sistema contra incendios y cuenta con un Tanque de almacenamiento de Diesel fabricado en acero al carbón con una capacidad de 1,002 litros.
- Bomba jockey (BC-552) que mantiene presurizada toda la red del sistema contra incendio reponiendo agua (presión) que pudiera perderse por pequeñas fugas en la red (0.6 a 0.9 L/s), presión de operación 11.1 kg/cm<sup>2</sup>.

El sistema estará permanente alineado de tal forma que las válvulas de succión y las válvulas de la descarga de las bombas: BC-550, BC-551 y BC-552 con el tanque de agua de Pozo (TQ-513) deberán estar siempre abiertas.

La función de la bomba Jockey BC-552 es mantener una presión en la línea de tal forma que la bomba eléctrica (BC-550) no arrancará, mientras no haya insuficiencia de la bomba jockey para mantener la presión de la línea.

Cuando se abre una de las válvulas de los hidrantes la presión en la línea contra incendio disminuye rápidamente y entrará en operación la bomba eléctrica principal (BC-550).

Esta bomba mantendrá funcionando los hidrantes con suministro de agua suficiente. Cuando el sistema no tiene usuario la bomba jockey arrancara periódicamente para mantener la presión en la red.

Las bombas cuentan con un sistema de eliminación de aire (trampa), que mantiene la carcasa de la bomba sin burbujas o bolsas de aire, eso favorece su arranque.

La bomba contra incendio Diesel se emplea solamente a fallo de la bomba principal eléctrica. La bomba tendrá un arranque automático y un paro local por medio de su tablero de control y deberá ser puesta en funcionamiento periódicamente para mantener el motor diesel operable.



## II.9.8 Características Esperadas de los Lodos de la Planta de Tratamiento

### Características de los lodos después del tratamiento.

El Tren de Tratamiento de lodos cumplirá con la calidad de lodos y biosólidos que indica la “Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección Ambiental.- Lodos y biosólidos.- especificaciones y límites máximos permisibles para su aprovechamiento y disposición final” y, particularmente lo establecido en la de dicha norma que corresponde a clase C y que se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 9.Límites Máximos Permisibles para patógenos y parásitos en lodos y biosólidos**

Clase	Indicador bacteriológico de contaminación	Patógenos	Parásitos
	Coliformes fecales NMP/g en base seca	<i>Salmonella spp.</i> NMP/g en base seca	Huevos de helmintos/g, en base seca
<b>C</b>	Menor de 2 000 000	Menor de 300	Menor de 35

NMP = número más probable

Por las características de las fuentes de generación de agua residual, solo es posible vigilar que los biosólidos cumplan con los valores máximos permisibles de metales pesados para correspondientes a la categoría “Buenos”. En caso de cualquier desviación, se tomarán medidas correctivas.

### Límites Máximos Permisibles para metales pesados en biosólidos.

Contaminante (determinados en forma total)	Buenos mg/kg, en base seca
Arsénico	75
Cadmio	85
Cromo	3 000
Cobre	4 300
Plomo	840
Mercurio	57
Níquel	420
Zinc	7 500

La estabilización de los lodos resultantes del tratamiento de agua en el TPC y el TPQ se efectuará mediante el proceso de digestión anaerobia de lodos de tipo mesofílico que maximiza la destrucción de los sólidos suspendidos volátiles (SSV), obteniendo en contraparte mayor generación de metano y energía, menores costos de acarreo y disposición final de lodos, así como alargar la vida útil del sitio de disposición final. El proyecto incluye el diseño de un sistema de control y tratamiento de los olores generados y emitidos en el edificio de desaguado de lodos y de espesadores por gravedad.

### **II.9.9 Etapa de Construcción**

**Obras de Captación** del agua residual en el canal El Salto-Tlamaco, con capacidad para 50.00 m<sup>3</sup>/s; incluyendo el control para desviar el excedente y para impedir la mezcla de las aguas crudas con las aguas tratadas, como lo requiera el diseño.

**Planta de tratamiento** de aguas residuales con capacidad nominal de 35.00 m<sup>3</sup>/s, integrada por dos trenes que incluyen obras equipo e instalaciones:

Tratamiento biológico de operación perenne, con capacidad nominal de 23.00 m<sup>3</sup>/s, identificado como tren de proceso convencional TPC).

Tratamiento químico de operación fluctuante para una capacidad nominal de 12.00 m<sup>3</sup>/s, denominado tren de proceso químico TPQ.

Ambos trenes deberán poder tratar las sobrecargas transitorias de gasto, sin que se afecten en forma permanente su operatividad en términos de control de los procesos y de la calidad del efluente.

**Obras de Caja de Salida** para captar el efluente de los dos trenes de tratamiento con capacidad para manejar los caudales respectivos, como lo requiera el diseño; incluyendo el equipo necesario para regular y descargar al canal El Salto-Tlamaco el gasto requerido estacionalmente por el riego y verter el excedente al río El Salto, así como las obras de descarga final a los cauces.

**Tratamiento de las grasas y aceites**, materia flotante retenida, arenas y gravillas y los lodos producidos en el TPC y en el TPQ.

**Disposición final en las obras del monorrelleno de los residuos biosólidos** del tratamiento en la PTAR, debidamente tratados. Cogeneración de energía eléctrica y producción de calor, con el biogás generado en la digestión anaerobia de los lodos para ser aprovechados en la PTAR.

**Sistema de control supervisorio de la PTAR** y recolección de datos (SCADA), que incluye terminal de monitoreo remoto en las oficinas de la CONAGUA.

**Edificios para la administración**, control, laboratorio, salón de usos múltiples, recepción y control de operadores y visitantes, centros de control de motores, taller, almacén, vestidores, duchas, núcleos sanitarios y caseta de acceso; todas las edificaciones deberán tener instalaciones mecánicas, eléctricas, de aire acondicionado, hidráulicas incluyendo toma de agua potable, sanitarias y telefónicas, voz y datos, extintores, pedestal emblemático con asta bandera y placa conmemorativa de la PTAR.

**Instalaciones exteriores dentro del predio**, de agua potable, alcantarillados sanitario y pluvial, red de riego y protección contra incendios.

**Obras exteriores dentro del predio**, vialidades, estacionamientos, patios de servicio, desniveles, banquetas, pasillos, andadores, área para maniobras de helicópteros y barda perimetral, línea de acercamiento y acometida eléctrica, acceso a la PTAR.

### **Arquitectura del paisaje**

En la PTAR se tendrá un diseño enfocado en la funcionalidad y la humanización, reduciendo la escala de las grandes estructuras, al propiciar taludes suaves de áreas verdes y vistas de paisaje en lugares apropiados. Los detalles constructivos serán sencillos, agilizando los trabajos en obra. Asimismo, deberán considerarse áreas de estacionamiento estratégicamente localizadas que tengan franjas arboladas para protección de los vehículos. En el caso de ser requerida una cubierta adicional, ésta se integrará al conjunto. Los pavimentos en andadores deberán estar modulados, con textura y colores (cuando sea adoquín) en armonía al proyecto.

La PTAR podrá ser visitada por el público y por la comunidad circundante como un indicador de la política del re-uso del agua. Por lo que el resultado estará de acuerdo con este concepto. El diseño del paisaje responderá también al mejoramiento del suelo, al medio ambiente, a las condiciones del lugar para reflejar la sensibilidad a la conservación del agua, y la integración de plantas de tratamiento de agua a las comunidades circunvecinas. Por lo tanto, el propósito del diseño de arquitectura de paisaje será estético y ecológico, con un bajo costo de construcción y mantenimiento. La señalización de las áreas debe ser discreta y funcional, y se adecuará al diseño y colores del conjunto y al medio ambiente, todo ello apegado a las especificaciones y normas de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) y la Occupational Safety and Health Administration (OSHA).

Se introducirán para la realización general del proyecto, los conceptos paisajísticos tales como el estudio del entorno y el ambiental para conservar y destacar los principales atractivos naturales incorporándolos al diseño, esto a través de accesos formados por calzadas y corredores enmarcados por canales de agua, explanadas/plazas y patios abiertos que integren la arquitectura con la naturaleza, el uso de taludes para destacar u ocultar elementos, y especies vegetales que enriquezcan y conserven el microclima y den escala al conjunto, así como los sistemas de riego por aspersión con agua tratada para lo cual se incluirá en el proyecto un sistema para la toma de agua tratada y en su caso la revisión de la calidad del líquido para su uso interno de la planta.

En conclusión, los elementos del programa arquitectónico consistirán en una serie de edificios tal como se describe a continuación: Edificio de Administración, Laboratorio, Edificio del Personal Operativo y de Servicios/Mantenimiento, Almacén General, Caseta de Vigilancia y Vestíbulo/Recepción de control de Acceso (más circulaciones, estacionamientos, vías de comunicación y áreas jardinadas con sistema de riego); y en súper-estructuras en donde se considerará el equipo eléctrico, de calefacción y aire acondicionado. Por otra parte, se contemplarán las áreas necesarias con la capacidad promedio para los servicios y el guardado/armarios para hombres y mujeres.

Por otro lado, las áreas designadas para la conservación de la vegetación local, serán diseñadas y protegidas de especies invasoras, sobre todo de vegetación ornamental ajena al ecosistema regional. Se mantendrá un área de conservación, de ser necesario un vivero así como los controles biológicos necesarios para evitar la colonización de especies vegetales y animales oportunistas, que se favorezcan por los cambios introducidos

por la PTAR en el medio circundante.

El manejo del paisaje y el arreglo de jardinería, será con plantas nativas que sobrevivan todo el tiempo al clima y con arriates mínimos cerca de la entrada y del edificio de administración. Los materiales de los jardines deberán seleccionarse de manera que proporcionen ventilación, sol y protección visual, bajo mantenimiento y estética natural.

La cubierta del suelo se escogerá por su bajo mantenimiento, estética natural, su carácter nativo y su efectividad para controlar la erosión del suelo. Cualquier material de jardinería usado deberá de ser de perennifolia para no interferir con el proceso funcional de la PTAR.

Se proveerá una profundidad mínima de tierra de cobertura para mantener las plantas saludables. En los arriates y plantas menores, la profundidad de tierra de cobertura será al menos de 30 cm, con buenas características de drenaje.

La siembra de todas las plantas será de conformidad con las prácticas normales de horticultura del estado y la región.

### **II.9.10 Etapa de Operación y Mantenimiento**

El diseño de la PTAR está basado en la calidad y cantidad del agua residual influente y en los requisitos de calidad del agua tratada efluente y de los residuos sólidos del tratamiento definido. También el diseño resuelve el desalojo de las aguas residuales en caso de un paro completo de la misma o cuando exista la necesidad de sacar de operación algunas unidades por actividades de mantenimiento o por cualquier otro motivo.

El Período de Operación, consiste en la operación, conservación y mantenimiento de la infraestructura y reposición de equipos por un periodo de 25 años, a partir de la puesta en servicio de la PTAR Atotonilco y el tratamiento de lodos, almacenamiento temporal (cuando sea requerido) y disposición final de los mismos, así como de la cogeneración de energética eléctrica y calor.

Para período de operación se requieren en forma enunciativa, más no limitativa, los siguientes recursos:

- Personal de oficina y gerencia.
- Personal de laboratorio, operación y mantenimiento.
- Vehículos generales de mantenimiento y de acarreo de sólidos, arenas y lodos. Combustibles y lubricantes para vehículos y equipos.
- Agua potable para uso y consumo humano y servicios que la requieran. Agua tratada para riego de áreas verdes y los servicios que la requieran.
- Equipamiento completo de elementos de oficina, laboratorio, taller, almacén, comunicaciones, software y sistemas administrativos.
- Materiales y refacciones para la reparación y mantenimiento menor y mayor de equipos.
- Materiales para la reposición de equipos.

Reposición programada y emergente de equipos

- Reactivos y productos químicos en el proceso de tratamiento de agua y de lodos. Productos para la desinfección química.
- Materiales para desinfección Ultravioleta (de ser requerido).
- Suministro de los reactivos y productos químicos para los análisis de laboratorio.
- Mantenimiento a las edificaciones, vialidades y áreas verdes.
- Así como todo lo necesario para la correcta administración, operación y mantenimiento de la PTAR.
- Consumo de energía eléctrica.
- Consumo de gas natural (de ser requerido).

### **II.9.11 Descripción de Obras Asociadas al Proyecto**

**Túnel Emisor Oriente (TEO).** Con una longitud de 60 km y un diámetro de 7.0 m, es la obra de drenaje de mayor envergadura comprendida en el programa de saneamiento del Valle de México. El túnel inicia en la lumbrera 2 del Túnel Interceptor Río de la Remedios (TIRR) y termina en el Río El Salto, en un sitio cercano al Portal de Salida del Emisor Central. Con esta obra se podrán retirar de servicio en épocas de estiaje, cuando sea necesario, el Emisor Central y encauzar las aguas residuales por el TEO y viceversa. La fecha de terminación de la construcción del TEO está programada coincidente o muy cercana, a la fecha de terminación de la PTAR Atotonilco, misma que siempre recibirá su gasto de diseño aún cuando alguno de los dos conductos se encuentre fuera de servicio por inspección o mantenimiento.

**Descripción de la Construcción de Ladero y Espuelas para Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ubicada en Atotonilco, Hidalgo Km A-64+704.401 al Km A-64+894.776.**

#### **Especificaciones técnicas de la Espuela del Ferrocarril**

Se localiza entre las estaciones de Huehuetoca México y Tula Hidalgo de la línea "A" y tiene la finalidad de recibir carros tanque de ferrocarril, cargados con Cloro y Cloruro Férrico que se empleara en la planta de tratamiento del caudal de aguas residuales que genera y emite el Valle de México.

La vía troncal "A" a cargo de Ferrosur, donde se apoyará el Ladero en su lado derecho, está formada con riel de 115 lbs/yda sección RE, clavado a durmiente de madera, balastada con piedra triturada de origen basáltico.

El Ladero y las Espuelas, según proyecto, se construirán con riel nuevo de 115 lbs./yda de la misma sección y calibre de la vía troncal, clavado al durmiente de madera de pino creosotado nuevo escuadría de 7"x8"x8', con clavo de 5/8X6", unidos con planchuelas de 24" de longitud de cuatro taladros con tornillos de 1"x6" cabeza oval, tuerca cuadrada con arandela de presión, topes anti-vire en curvas de 4° en adelante, balasto de piedra triturada de origen basáltico.



Los patrones de anclado, clavado y protección de curvas para mantener el escantillón de 1435 mm, en tangente, curvas y herrajes de cambio, se harán respetando los indicados en el Reglamento de Conservación de Vía y Estructuras para los Ferrocarriles Mexicanos, Ferrosur y las normas y especificaciones de AREMA y SCT.

Patrón de Anclado, en tangente un durmiente si tres no, en curvas mayores a 3° un durmiente si dos no, en juegos de cambio 100%. Patrón de clavado, todo el durmiente se fijara con 8 clavos. La protección del escantillón, se hará colocando tope antivire 2 a cada 2 metros en curvas mayores de 4° en adelante. La sección de balasto será de acuerdo a lo señalado en el reglamento de Ferrosur para las vías de patio, dejando un espesor mínimo de 0.20 m tipo 4A .

### **Ladero a-b**

Su extremo sur conecta en el Km-"A" 64+704.401 con herraje No. 10 de 115 lbs/yda, con sapo y agujas de inserto de acero manganeso de 16'06" de longitud , contra- riel de 11" de longitud, clavado a J.M.C. de pino impregnado reglamentario, operado manualmente con árbol alto semiautomático tipo 56 B.

Su extremo norte conecta en el Km- "A" 64+894.776 con herraje No. 10 de las mismas características, especificaciones, dimensiones, calibres y medidas de la conexión sur.

El cuerpo de la vía del Ladero, estará formado a base de rieles de 115 lbs/yda sección RE nuevos, fijado al durmiente de vía con clavo de 5/8"x 6" a una separación de 0.50 mts. anclado y a escuadra respecto a los rieles, que van unidos en sus extremos con planchuelas de acero de 24" de longitud de cuatro taladros, aseguradas con tornillos para vía de 1"x6" cabeza oval, tuerca cuadrada y arandela de presión. Toda su longitud será balastada con piedra triturada de origen basáltico tipo 4A, especificado para vías de patio. El ladero se construirá en tangente a 6.00 mts. del eje de la vía principal, quedando protegido con descarrilador reversible en su extremo norte.

### **Alineamiento horizontal**

Las características geométricas, tanto de la conexión Sur como la conexión la Norte, que en ambos casos se conectan en tangente, con herraje No. 10 como se muestra en el plano son las siguientes:

Se inicia a 704.401 m. al norte de la P.K. A-64 de la Vía principal = 0+000 en el punto "A" del proyecto, con curva derecha con la siguiente geometría:

$$\begin{aligned}G &= 4^{\circ}00' \\ \Delta &= 5^{\circ}44' \text{ Der.} \\ R &= 286.540 \\ L_c &= 28.672 \\ St &= 14.348\end{aligned}$$

Correspondiente a la primera curva de juego de herraje No. 10, para llegar a la estación PT=0+028.672, continuándose con tangente de 36.46 m. y Azimut de 310°51'29" para llegar a la estación PC=0+065.132 con similares características geométricas y longitud de desarrollo de la curva mencionada hasta el PT=0+083.623. A partir de éste punto y con longitud de 18.555 m. el alineamiento se aloja en tangente con Azimut de 305°07'29" y entrevía de 6.00 m. con respecto a la vía troncal y hasta la estación 0+102.178=PC de la curva número 1, que tiene por geometría:

$$\begin{aligned}G &= 4^{\circ}00' \\ \Delta &= 5^{\circ}44' \text{ Izq.} \\ R &= 286.540 \\ L_c &= 28.672 \\ St &= 14.348\end{aligned}$$

Y hasta la estación  $PT=0+130.850$  donde inicia la tangente de 31.365 m. y Azimut de  $299^{\circ}23'30''$  hasta el punto  $PC=0+162.215$  de la curva de Juego de herraje No. 10 de iguales características a la anterior al termino de la curva se tiene el PT de proyecto  $=0+190.888$  igualdad kilométrica con estación  $A-64+894.776$ .

### **Alineamiento vertical**

El ladero se aloja al lado derecho con entrevía de 6.00 m. y está diseñado con la pendiente similar al de la vía troncal que desciende en dirección México a Tula.

### **Espuelas**

Las vías interiores se forman por las siguientes vías: **C-D** Espuela para Vacíos, **E-F** Ladero Interior para Cargados, **GH, I-J**, para servicio al edificio de cloruro férrico y **KL, MN, OP y QR** para servicio al edificio de cloración. El punto de conexión de las vías interiores en el Ladero Interior para Cargados a la altura de la estación  $0+327.194$  en el punto F dando así a su origen y formación de las vías de acuerdo a las características que a continuación se describen:

**C-D Espuela para Vacíos**, conecta con Ladero en el punto C con herraje No. 10 de 115 lbs/yda, con sapo y agujas de inserto de acero manganeso de  $16'06''$  de longitud, contra-riel de 11" de longitud, clavado a J.M.C. de pino impregnado reglamentario, operado manualmente con árbol bajo semiautomático tipo 22, construida con riel de 115 lbs/yda sección R.E. emplanchuelado, clavado a durmiente de madera impregnada de pino de  $7''X8''X8'$ , balastada con piedra triturada de origen basáltico, especificación AREMA, con longitud total de 345.144 m. y rematada en su extremo final con tope de fin de vía.

**E-F Ladero Interior para Cargados**, conecta con Ladero en el punto E con herraje No. 10 de 115 lbs/yda, con sapo y agujas de inserto de acero manganeso de  $16'06''$  de longitud, contra-riel de 11" de longitud, clavado a J.M.C. de pino impregnado reglamentario, operado manualmente con árbol alto semiautomático tipo 56 B, construido con riel de 115 lbs/yda sección R.E. emplanchuelado, clavado a durmiente de madera impregnada de pino de  $7''X8''X8'$ , balastada con piedra triturada de origen basáltico, especificación AREMA, con longitud total de 327.194 m.

**G-H Espuela de Cloruro Férrico**, conecta en el Ladero **E-F** en el punto **G** con herraje No. 8 de 115 lbs/yda con sapo y agujas con inserto de acero al manganeso respectivamente de 13' y  $16'06''$  de longitud, clavado a J.M.C. No. 8 reglamentario, operado manualmente con árbol bajo tipo 22 semiautomático, construida con riel de 115 lbs/yda sección R.E. emplanchuelado, clavado a durmiente de madera impregnada de pino de  $7''X8''X8'$ , balastada con piedra triturada de origen basáltico, especificación AREMA, con longitud total de 152.250 m. y rematada en su extremo final con tope de fin de vía.

**I-J Espuela de Cloruro Férrico** conecta en la espuela **G-H** en el punto **I** con herraje No. 8 de 115 lbs/yda con sapo y agujas con inserto de acero al manganeso respectivamente de 13' y 16'06" de longitud, clavado a J.M.C. No. 8 reglamentario, operado manualmente con árbol alto tipo 56-B semiautomático, construida con riel de 115 lbs/yda sección R.E. emplanchuelado, clavado a durmiente de madera impregnada de pino de 7"X8"X8', balastada con piedra triturada de origen basáltico, especificación AREMA, con longitud total de 97.785 m y rematada en su extremo final con tope de fin de vía.

**K-L Espuela de Cloración** conecta al Ladero **E-F** en el punto **K** con herraje No. 8 de 115 lbs/yda con sapo y agujas con inserto de acero al manganeso respectivamente de 13' y 16'06" de longitud, clavado a J.M.C. No. 8 reglamentario, operado manualmente con árbol bajo tipo 22 semiautomático, construida con riel de 115 lbs/yda sección R.E. emplanchuelado, clavado a durmiente de madera impregnada de pino de 7"X8"X8', balastada con piedra triturada de origen basáltico, especificación AREMA, con longitud total de 146.779 m. y rematada en su extremo final con tope de fin de vía.

**M-N Espuela de Cloración** conecta a la espuela **K-L** en el punto **M** con herraje No. 8 de 115 lbs/yda con sapo y agujas con inserto de acero al manganeso respectivamente de 13' y 16'06" de longitud, clavado a J.M.C. No. 8 reglamentario, operado manualmente con árbol bajo tipo 22 semiautomático, construida con riel de 115 lbs/yda sección R.E. emplanchuelado, clavado a durmiente de madera impregnada de pino de 7"X8"X8', balastada con piedra triturada de origen basáltico, especificación AREMA, con longitud total de 114.278 m. y rematada en su extremo final con tope de fin de vía.

**O-P Vía de Cloración** conecta al ladero **E-F** en el punto **O** con herraje No. 8 de 115 lbs/yda con sapo y agujas con inserto de acero al manganeso respectivamente de 13' y 16'06" de longitud, clavado a J.M.C. No. 8 reglamentario, operado manualmente con árbol alto tipo 56B semiautomático, construida con riel de 115 lbs/yda sección R.E. emplanchuelado, clavado a durmiente de madera impregnada de pino de 7"X8"X8', balastada con balasto de piedra triturada, especificaciones AREMA, con longitud total de 185.916 m. y rematada en su extremo final con tope de fin de vía.

**Q-R Vía de Cloración** conecta a la espuela **O-P** en el punto **Q** con herraje No. 8 de 115 lbs/yda con sapo y agujas con inserto de acero al manganeso respectivamente de 13' y 16'06" de longitud, clavado a J.M.C. No. 8 reglamentario, operado manualmente con árbol alto tipo 56B semiautomático, construida con riel de 115 lbs/yda sección R.E. emplanchuelado, clavado a durmiente de madera impregnada de pino de 7"X8"X8', balastada con balasto de piedra triturada, especificaciones AREMA, con longitud total de 83.053 m. y rematada en su extremo final con tope de fin de vía.

**Alineamiento horizontal**

Todas las espuelas que componen el peine, mantienen la curvatura y características de herraje No. 8 en sus puntos de conexión, el grado máximo de curvatura en el desarrollo geométrico de todas las vías es menor a 8.

$$G=4^{\circ}00'$$

$$\Delta=5^{\circ}44' \text{ Der.}$$

$$R=286.540$$

$$Lc=28.672$$

$$St=14.348$$

**Alineamiento vertical**

El alineamiento vertical de las espuelas que forman el peine para la descarga de los carros tanque de cloro y cloruro férrico, respecto a la vía ladero donde se inicia, mantienen la misma rasante con una pendiente del 0% en cada una de las espuelas diseñadas siempre en uniformidad debido al paralelismo de su trazo, respetando la norma que indica la Regla 591 del "Reglamento de Conservación de Vía y Estructuras para los FF.CC. Mexicanos.

**Tope de fin de vía**

El tope de fin de vía está diseñado con las siguientes dimensiones: 3.50m de desarrollo paralelo al eje de la vía y 4.50 m perpendicular al mismo eje. Altura de 1.22m a partir del Nivel del Hongo de Riel y empotrado a una profundidad de 1.10m. Se fabricará reforzado con dos camas de varilla de 3/4 " de espesor y espaciada a cada 0.20m y colada monolíticamente con concreto de F'c=250 kg/cm2, relleno con material pétreo de 1/2" a 1 1/2", protegido con medias ruedas de carro de ferrocarril de 36" de diámetro soldadas sobre el hongo del riel al final de cada vía. Estas protecciones deberán ser instaladas en el extremo de cada una de las espuelas.

COMPENDIO DE VIAS POR CONSTRUIR						
VIA No.	TRAMO	SERVICIO DE LAS VIAS	LONG. VIAS DE PA. a PA.	LONG. VIAS DE PL. a PL.	CAPACIDAD EN UNIDADES 18.00 M	CAPACIDAD EN UNIDADES 22.00 M
1	AB	Ladero	181.228	85.928	4	3
2	CD	Espuela para Vacíos	340.314	240.184	13	10
3	EF	Ladero Interior para Cargados	317.534	136.874	7	6
4	GH	Vía de Cloruro Férrico	149.910	69.230	3	3
5	IJ	Vía de Cloruro Férrico	95.445	56.275	3	2
6	KL	Vía de Cloración	144.439	24.589	1	1
7	MN	Vía de Cloración	111.938	72.768	4	3
8	OP	Vía de Cloración	183.576	102.896	5	4
9	QR	Vía de Cloración	80.713	41.543	2	1
TOTALES			1,605.097	830.287	42	33

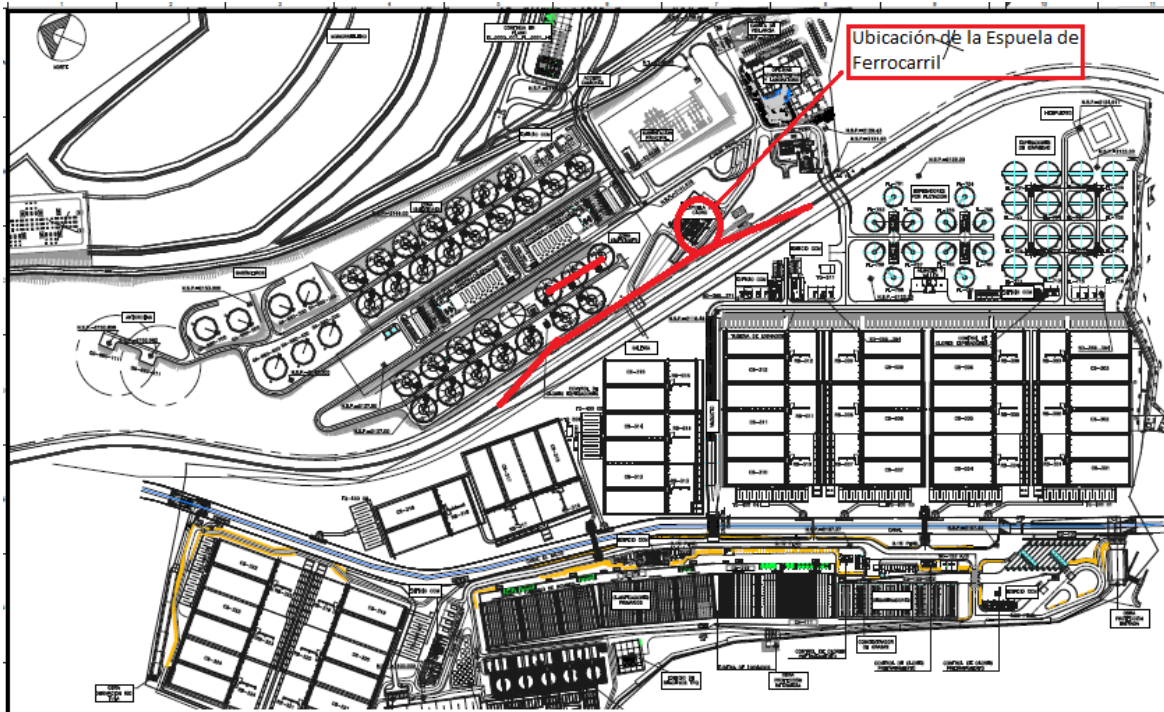
### Plantas de tratamiento de aguas residuales

Como parte integral del Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México, está prevista la futura construcción de varias plantas adicionales de tratamiento de aguas residuales, mismas que se indican:

**Tabla 13. Plantas de tratamiento para la ZMVM**

PTAR	Capacidad (m <sup>3</sup> /s)
Nextlalpan	9.0
Vaso de Cristo	4.0
Zumpango	1.5
Berriozábal	2.0
Guadalupe	0.5

Al entrar en operación la infraestructura de saneamiento arriba indicada se podrá reducir durante el periodo de secas el caudal de agua residual en el influente a la PTAR Atotonilco, hasta llegar a 23.00 m<sup>3</sup>/s.



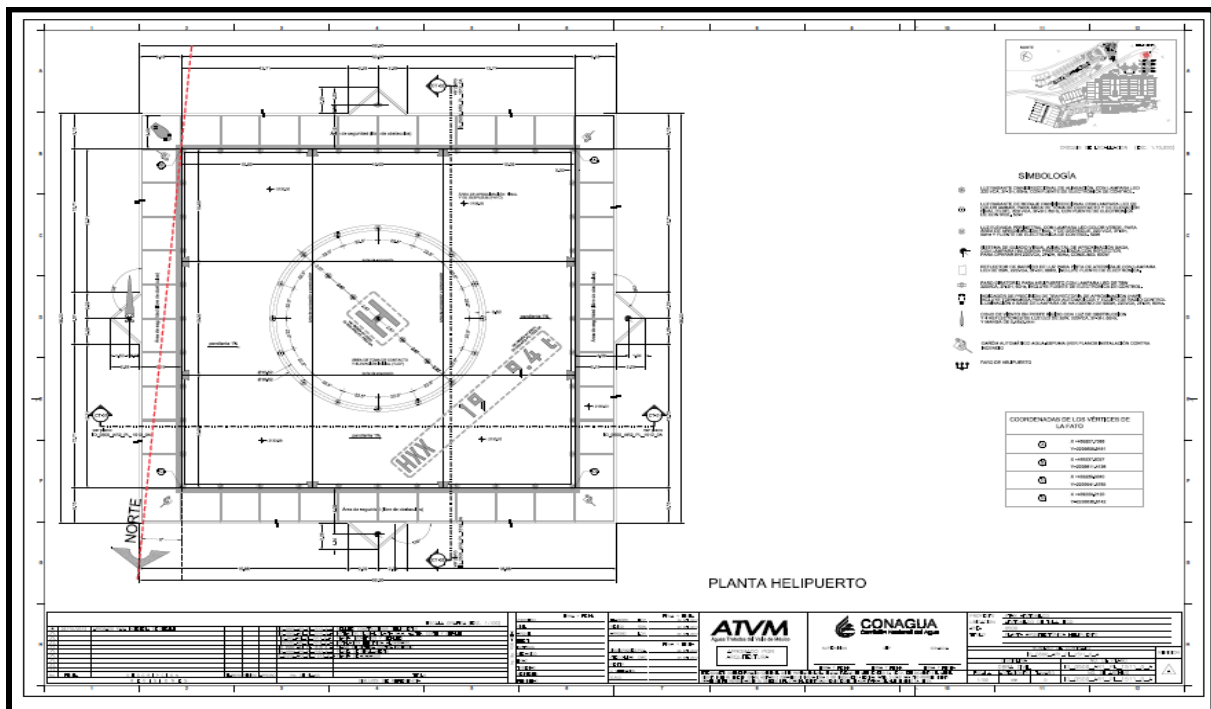
Ubicación de la Espuela del Ferrocarril dentro del Predio de la PTAR Atotonilco.

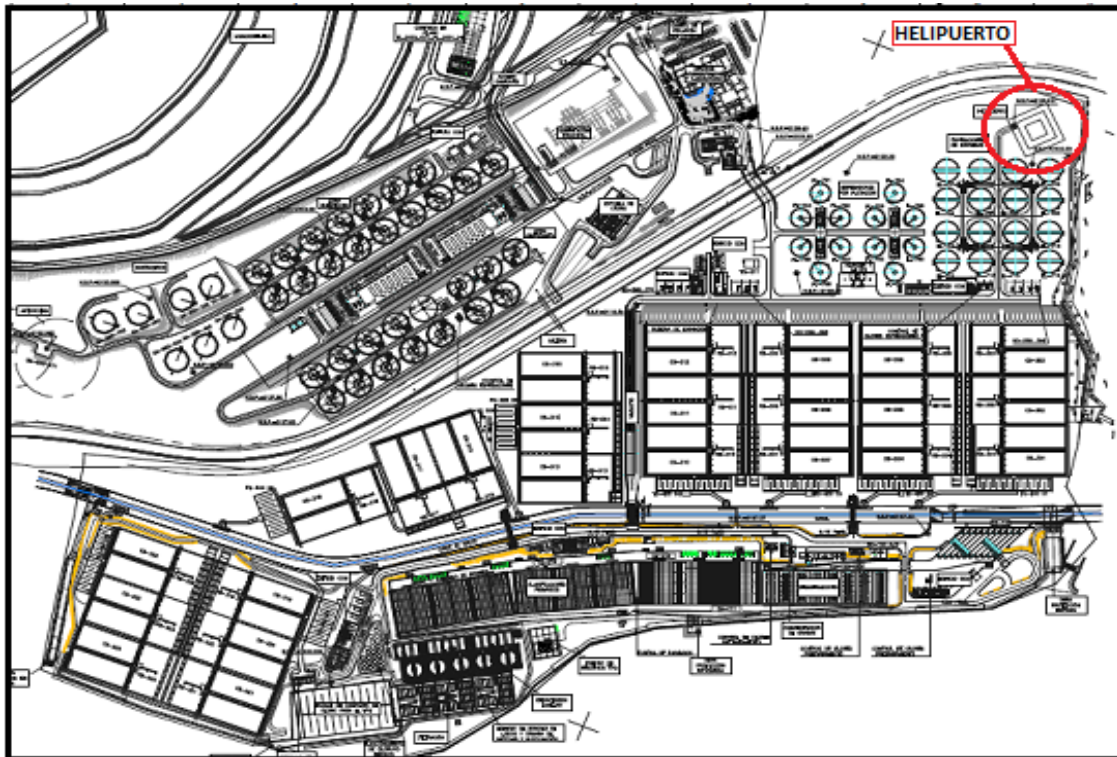


### Saneamiento del Río Tula

La Comisión Estatal de Agua y Alcantarillado, dependiente de la Secretaría Obras Públicas, Comunicaciones, Transportes y Asentamientos del Gobierno del Estado de Hidalgo, cuenta con un programa para dar tratamiento a las descargas de aguas residuales que se generan en la cuenca del río Tula y que descargan en algunos canales por los que se transportará el agua tratada de la PTAR Atotonilco. La población estimada de la cuenca es de 793,000 habitantes. Derivado de los análisis de estudios realizados, se determinó como la mejor solución, la construcción de una PTAR regional con una capacidad nominal de 500 l/s ubicada en las inmediaciones de la ciudad de Tula y la construcción de ocho plantas de bombeo y 66 km de colectores con diámetros de 30 cm (12") a 100cm (40") de diámetro con una inversión total estimada del orden de \$505 millones (sin IVA).

### Helipuerto





**Ubicación del Helipuerto dentro de los terrenos del predio de la PTAR Atotonilco.**

- **Obras de encauzamiento y desvío.** De los conductos y los cauces que suministran las aguas residuales crudas a la captación de la PTAR Atotonilco, incluyendo el control y desvío de excedencias.
- **Línea de alta tensión.** Reubicación del tramo que queda dentro del predio de la PTAR.
- **Obras sociales.** Que están fuera del predio y que no se requieren para la operación de la PTAR, pero que fueron solicitadas por las comunidades, como puente, camino vecinal, perforación y equipamiento de un pozo, etcétera.
- **Obras complementarias.** Las que quedan dentro del predio que se requieren para el funcionamiento de la PTAR y que serán definidas por el proyecto ejecutivo.
- **Obras inducidas.** Las que se detecten durante la etapa de construcción de la PTAR y que por estar en funcionamiento requieran ser relocalizadas.
- **Obras de Protección de la Margen Derecha del Río el Salto.-** Los materiales presentes en la margen derecha del río El Salto son capas de arcillas arenosas café y gris, tonos claros y oscuros, los cuales se apoyan sobre una base de arcillas plásticas color verde olivo, de consistencia dura. En la zona NW de la PTAR, entre las arcillas arenosas café y la arcilla verde olivo, se encuentra un estrato de gravas y boleos, los cuales se encuentran en el cauce por encima de las arcillas verdes. Los estratos

arcillo arenosos superiores son muy erosionables, en tanto que la arcilla verde olivo arriba del nivel de del río está muy fisurada de tal manera que al contacto con la intemperie se desgrana en pequeños cubos. Adicionalmente, en toda la margen derecha del río frente a la PTAR, se observan varias zonas con importante erosión producida por el río El Salto; lo anterior define la necesidad de proteger las estructuras e instalaciones cercanas al río contra la erosión de la margen. Para esa protección, se ha proyectado un conjunto de muros de contención los cuales se han construido en el límite del predio de la PTAR. Los muros han sido diseñados en apego a los Criterios de Diseño que forman parte del Contrato. En la parte superior, se ha proyectado la cerca que limita la propiedad. Estos muros cuentan con un medio filtrante y tubería perforada para drenar el agua freática que se acumule en los rellenos. Este drenaje se dirige a puntos estratégicamente localizados para drenar hacia el río El Salto.

- **Vialidades.**- Se han proyectado los siguientes tipos de vialidades en la PTAR de Atotonilco:
  - Caminos del circuito de vehículos que recoge basura de la Obra de Protección y de los Canales de Rejillas del Pretratamiento. Estos caminos serán pavimentados diseñados para las cargas de los vehículos a los que darán servicio considerando las frecuencias esperadas. El drenaje pluvial y de lavado de las zonas de carga de camiones se dirigirá al foso de gruesos del Área de Rejillas.
  - Caminos para la operación de la PTAR que concentran el tránsito de vehículos hacia las áreas de proceso y a las subestaciones principal y derivadas y hacia los cárcamos de bombeo de las distintas áreas. El pavimento de estos caminos estará diseñado para los vehículos ligeros que se esperan incluyendo los vehículos para el suministro de insumos para el proceso.
  - Caminos de mantenimiento que dan acceso a las zonas donde se requiere dar mantenimiento a equipos y que no están cubiertas por los caminos antes definidos, las cuales serán revestidos con los anchos mínimos necesarios para el paso de los vehículos de mantenimiento.

Para evitar cruces a nivel con la vía férrea México–Querétaro, se ha proyectado un Paso Inferior Vehicular con el gálibo necesario para el circuito de camiones de volteo para recoger basura. Este paso contendrá también una banqueta para el paso de peatones. Se ha proyectado un puente para el cruce del Canal El Salto por vehículos hacia la zona Poniente de la PTAR con dos carriles y con un vehículo de diseño HS-20. Ante una propuesta de los especialistas de Geotecnia, la cual tiene por objetivo asegurar la operación de la vialidad central de la PTAR, se ha sustituido las estructuras de tierra propuestas originalmente con un viaducto. Este viaducto contendrá dos carriles y una banqueta para el tránsito de peatones. La estructura del viaducto estará formada por una calzada colada in situ sobre vigas AASHTO presforzadas con diafragmas, cabezales y pilastras coladas in situ; esta estructura se completará con una zona de tierra armada en su parte más baja.

## **II.9.12 Edificios**

Dentro de las instalaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se tendrán los siguientes edificios:

- a) Edificio de Cloración
- b) Caseta de vigilancia, recepción y control de acceso
- c) Caseta de control vehicular
- d) Edificio Administrativo
- e) Laboratorio
- f) Edificio de personal operativo y de servicio
- g) Almacén
- h) Edificio de mantenimiento.

### **Edificio de Cloración**

El diseño arquitectónico del edificio de cloración, es de mantenimiento mínimo y con un sello hermético que evita la salida de cloro gas en caso de emergencia o falla del sistema de extracción, se encuentra en la parte noreste del conjunto muy cerca del acceso y de la zona de edificios administrativos y junto a la subestación principal y debajo de los edificios digestores; el arribo al edificio es por la vialidad que inicia desde el acceso principal, de esta forma se puede llegar por vía vehicular, tiene a su vez, conexión directa con la vía de ferrocarril que atraviesa el conjunto y por la cual se transportan los carros tanque que contienen el cloro que se extraerá en los encapsulados 1 y 2. El acceso al edificio como tal es de forma directa a través de un sistema de esclusas de doble puerta, llegando a cada encapsulado sin pasar por algún tipo de vestibulación, de tal modo que se pueda acceder a cada encapsulado edificio de manera fácil y rápida, sin intervenir en las actividades del otro encapsulado o en actividades exteriores pero parte de la misma operación del edificio.

La propuesta geométrica para el edificio de cloración toma en cuenta para su diseño formas geométricas regulares y simples, teniendo un encapsulado de planta rectangular y otro con la misma forma pero con un anexo también rectangular que sirve para ampliar su planta y alojar en esta zona equipos necesarios para la operación. Así mismo se cuenta con un área exterior también de planta rectangular, que está cubierta con el mismo material del resto del edificio total; en cuando a la volumétrica total se trata de un edificio de forma regular con una cubierta a dos aguas, logrando la unión de los encapsulados en una sola forma plástica quedando cada encapsulado con una pendiente distinta. Para el área exterior cubierta se utiliza el mismo sistema a dos aguas pero estas cubren un área total no independiente; debido a las funciones del edificio ya mencionadas, operaciones de pesaje y descarga de cloro principalmente, los espacios que se contemplan en el edificio son: Edificio de encapsulado 1 y Edificio de encapsulado 2. Adicional a esto se tiene en el área cubierta equipos que son parte de las operaciones del edificio como evaporadores de cloro, calentadores de agua separadores de aire entre otros.

**Operación.-** El cloro líquido se recibirá en carros tanque de ferrocarril por medio de una espuela que permitirá el acceso a cuatro unidades que ingresarán a dos recintos idénticos e independientes ubicados dentro de edificios herméticos, denominados encapsulados. Cada uno de los dos recintos del edificio encapsulado contará con dos posiciones

terminales donde los carros tanque se instalarán. Una de estas dos posiciones incluirá una báscula electrónica y una estación de descarga.

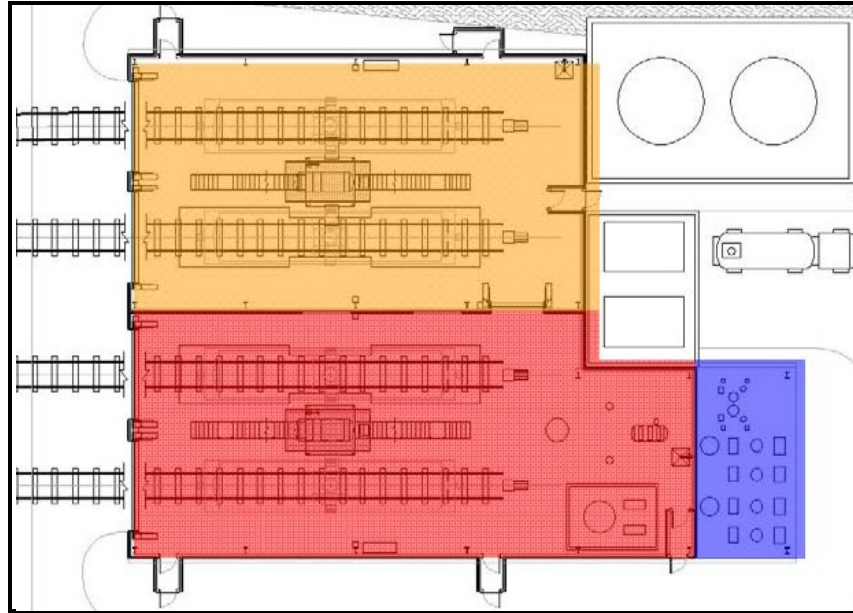
La otra posición servirá únicamente para almacenar y atrancar un carro lleno, en la posición donde se encuentra la báscula se registra el suministro además de detectar por reducción de peso la necesidad de reemplazo del carro tanque. De ahí el cloro es alimentado por diferencia de presiones a los evaporadores de 2,200 kg/h de capacidad cada uno, que por medio de un circuito de agua caliente evaporan el Cloro.

Los evaporadores estarán 1 en operación y 1 de respaldo y descargan a los diferentes puntos de dosificación pasando primero por un tanque trampa que evitará el arrastre de Cloro líquido; del tanque trampa emerge una red de distribución de Cloro gas a los 9 puntos de dosificación, 8 para el TPC y el restante para la planta de TPQ.

En cada uno de estos puntos se cuenta con instrumentación necesaria para monitorear y controlar la entrega a las unidades eyectoras para el mezclado gas-agua para la dosificación particular de cada uno de los tanques de contacto de Cloro.

Estas operaciones se llevarán a cabo de forma independiente por edificio y siempre alternando carros tanque, es decir toda la operación será en la espuela de cada encapsulado que tenga la báscula, al momento de detectar el mínimo de contenido de cloro en cada carro tanque hace el cambio de operación al otro encapsulado, mientras se realiza el cambio de carro tanque; los accesos de carros tanque se abrirán únicamente cuando se realice el cambio de los mismos para entrar y salir, en cualquier otro momento estos deben estar completamente cerrados.





Los recintos también contarán con cuatro accesos tipo "hangar", dos en cada edificio, para la introducción y retiro de los tanques de ferrocarril. Estas puertas operarán automáticamente y contarán con sensores de obstrucción e interruptores de posición para indicar el estado de las mismas. Se contará también con iluminación permanente e iluminación de emergencia.

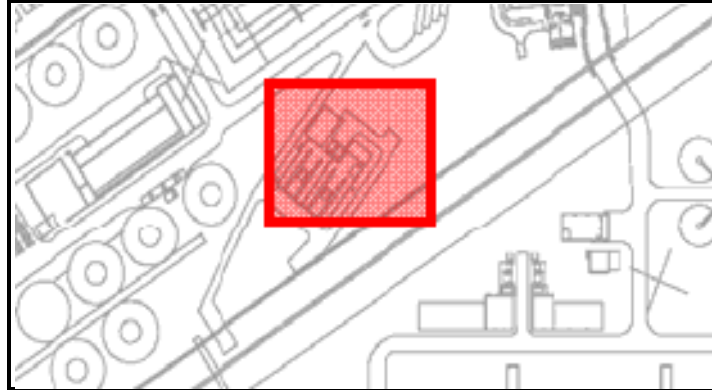
Los recintos encapsulados, aunque deben ser independientes durante la operación normal, deben contar con una puerta de operación interna que permitirá su interconexión, esto con el objeto de utilizar de manera cruzada los sistemas de absorción de cara a una emergencia de fuga de cloro que llegara a exceder la capacidad de sus reservorios de sosa cáustica.

**Esquema de distribución:**



**Localización**

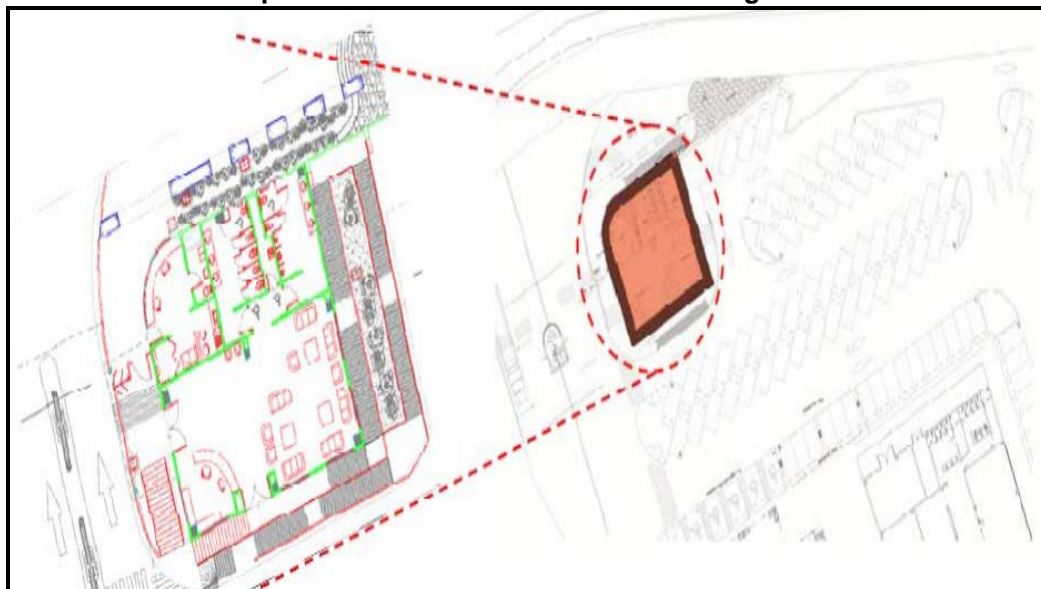
El edificio se localiza cerca del núcleo de edificios ubicados en el acceso principal al noroeste de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Esta flanqueado al norte por el área de digestores, al este por la Subestación principal al sureste por el Edificio de Personal y al Suroeste por los edificios de almacén, mantenimiento y las subestaciones derivadas 04 y 05.



**Caseta de vigilancia, recepción y control de acceso**

La caseta de vigilancia, recepción y control está resuelto en un solo nivel. Se accederá a este edificio por medio de la Plaza de Acceso principal. La Planta de tratamiento de Aguas Negras está diseñada con los preceptos de no discriminación y da la bienvenida a personas con capacidades diferentes, esto se evidencia desde el acceso el cual está tratado por medio de rampas con espacios francos y amigables. La recepción/vestíbulo del edificio es un espacio amplio con salas de espera, sanitarios planeados bajo los estándares de ADA, y despachadores de agua para atención de los visitantes; la caseta de vigilancia cuenta con una excelente vista y control del acceso de todos los peatones que ingresen a la planta.

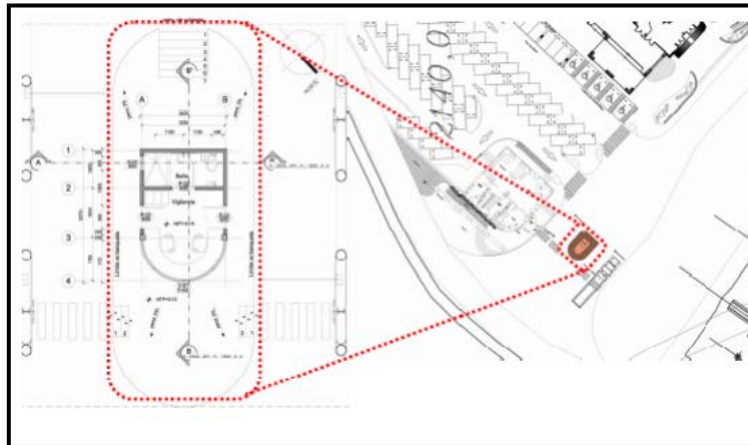
**Croquis de Localización de la caseta de vigilancia:**



### **Caseta de control vehicular**

La Caseta de Control Vehicular, se encuentra localizada en la entrada principal de la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales), dentro de la Zona Administrativa, adyacente a la Caseta de Vigilancia, Recepción y Control de Acceso y al Pórtico de Acceso. Esta pequeña Caseta controlará el acceso de camiones y automóviles al complejo; la Caseta de Control Vehicular tiene una forma geométrica simple, su planta es rectangular con un arco de medio punto al frente permitiendo una amplia visibilidad tanto al interior como a el exterior del conjunto para poder controlar el acceso de todos los vehículos que entran y salen de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. La distribución de la Caseta permite una mejor distribución de los espacios y aprovechamiento de la superficie construida, cuenta con sanitario y área de guardado.

### **Localización:**



### **Edificio Administrativo**

El Edificio de Administración se localiza al noreste de la PTAR y se accede por medio de una plaza y un pórtico de acceso al conjunto y sirve de vestíbulo a la PTAR. El edificio se encuentra a un costado de la caseta de vigilancia que controla el acceso vehicular, el estacionamiento, la subestación principal y del laboratorio.

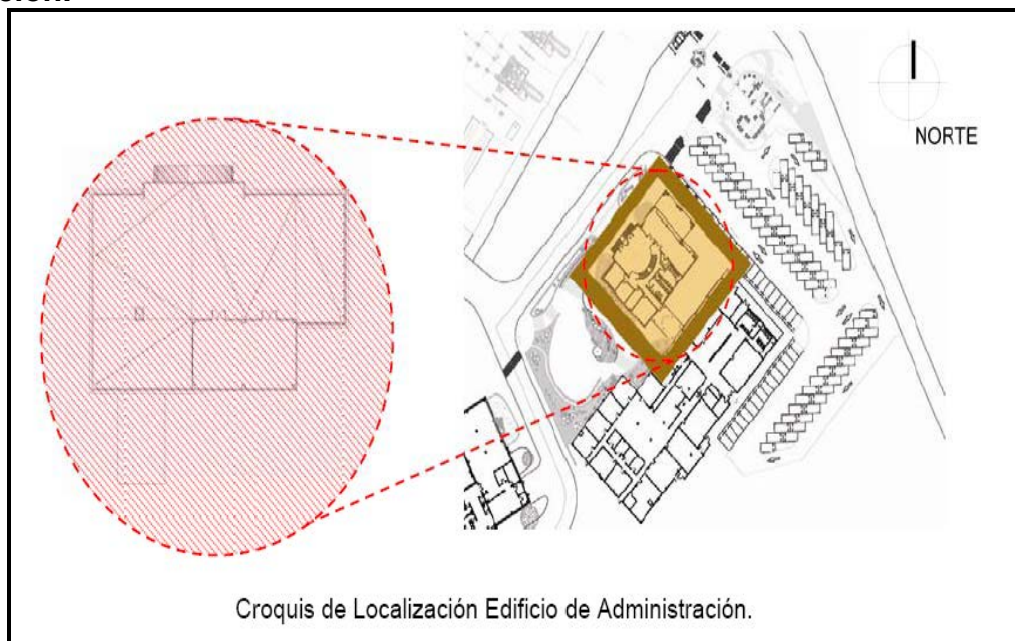
El conjunto cuenta con áreas verdes y un espejo de agua que hacen más agradable y estético el conjunto de la PTAR; el acceso principal del conjunto se encuentra enmarcado por un pórtico con volúmenes simples y de estructura de soporte aparente, además de contar con una pequeña plaza de acceso, misma que hace más amable e interesante el proyecto.

El acceso al Edificio es por medio de una explanada ubicada muy cerca del acceso y estacionamiento principales, dentro de las inmediaciones de esta explanada y rodeando en dos de sus fachadas al edificio, se encuentra una composición de espejos de agua, vegetación y pavimentos que hacen las veces de anfitriones en un recorrido muy agradable; alrededor del edificio se encuentran ubicados, la subestación principal que se encuentra del lado Noroeste, el edificio de Laboratorio que se encuentra en el lado Sureste, y a los costados se localizan la caseta de vigilancia y edificio de personal operativo y mantenimiento.

**Planta baja** La planta baja planta está destinada a las actividades de servicios, atención al público y capacitación para la planta de tratamiento de agua residual. En Planta Alta se ubicarán las Áreas Administrativas con sus respectivas áreas de servicios complementarios y finalmente en la planta de Azotea estará ubicado el cuarto de máquinas; al acceder al edificio en la planta baja nos encontramos con un vestíbulo a doble altura, dentro de esta se ubican la recepción y salas de espera, además que sirve como área de exhibición de una maqueta del conjunto de la PTAR Atotonilco a partir de este vestíbulo se tiene acceso directo a una sala de usos múltiples utilizada principalmente para conferencias y capacitación, justo detrás de la recepción se ubica una oficina administrativa auxiliar y el almacén de archivos. Como elemento de remate del vestíbulo se tiene una escalera circular, apoyada en un muro curvo, que comunica al primer nivel, detrás de este muro se encuentran los servicios sanitarios y junto a estos se ubican el cuarto de servidores y de control, desde donde se tendrá el monitoreo de los procesos en la planta existe además un paso a cubierto desde el edificio administrativo hasta el laboratorio, facilitando el control sobre el personal que ingresa al laboratorio.

**Primer nivel.-** El acceso a primer nivel se tiene desde el vestíbulo de planta baja y a través de la escalera circular llegando a un segundo vestíbulo, a partir de este se tiene distribución hacia tres áreas principales, hacia un costado se tiene la oficina de la gerencia general de la planta, con servicio sanitario privado y sala de reuniones y un almacén de medios, en donde también se ubica el acceso a la azotea por medio de una escalera marina. Hacia el otro lado del vestíbulo se encuentran las gerencias técnica y administrativa así como sus respectivas áreas operativas con capacidad para 18 personas, cada oficina de gerencia cuenta con su respectivo servicio sanitario privado. Frente al vestíbulo y como separación de estas dos áreas principales se tienen las áreas de secretariado, papelería y cuarto de copiado así como un área de cocineta. El edificio se desplanta sobre una superficie de construcción de 565 m<sup>2</sup>.

#### **Localización:**





El edificio se encuentra ubicado cerca del acceso principal y se localiza al noreste de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, dentro de la zona administrativa, esta circundado por el Edificio de Laboratorio, Edificio de Servicios y Personal. Caseta de control de acceso y recepción, así como estacionamiento. Se sitúa en la parte alta del predio dónde se puede visualizar el proceso que se genera dentro de este complejo.

**Laboratorio.-** La actividad del edificio es principalmente técnica, pero también está regulado por una parte que se encarga de la administración de la operación, se divide en dos partes operativa y administrativa, divididas por accesos internos; el acceso al edificio se da desde el edificio administrativo a través de un paso cubierto y desde el estacionamiento, estos accesos se encuentran sobre el pasillo principal, que es también una zona vestibular, pero en extremos opuestos del edificio; el pasillo central divide claramente las funciones del edificio teniendo a un costado toda la operación con sus jefaturas y del otro lado la administración; en cuanto a esta parte administrativa es desde cualquier acceso y a través del pasillo central que se llega a un área de secretarial y de espera, y de esta a una sala de reuniones, también es el área secretarial quien tiene control sobre la papelería. De igual forma por el pasillo central se llega a la oficina del jefe de laboratorio que está relacionado con el área secretarial por ser su soporte, como complementos de esta área administrativa se tiene un almacén general y archivo. Como complemento del edificio del laboratorio se tienen servicios sanitarios para hombres y mujeres que cuentan con regaderas y vestidores y se llega a estos por el pasillo principal. Así como con un área de servidor y comunicación, un cuarto de tableros para detección de humo, un cuarto de artículos de limpieza y un cuarto eléctrico al que se accede por el exterior.

El laboratorio se divide internamente en oficinas de control interno y laboratorio. Estas oficinas se encuentran inmediatamente entrando al área operativa y son: jefe de análisis, oficinas de laboratoristas, oficina de análisis y control de muestras que cuenta con un área de refrigeración; después de estas oficinas se encuentra el laboratorio que también esta subdividido en un área principal y en áreas complementarias donde se llevan a cabo estudios de bacteriología, sedimentos y en general el estado del agua en las diferentes etapas de la planta, estas áreas complementarias se disponen perimetralmente al laboratorio principal. Como parte de la operación del laboratorio es necesario tener equipamiento especial de seguridad ya que los técnicos y laboratoristas están expuestos a agentes químicos corrosivos, por lo que se requiere el uso de regaderas de emergencia con lavaojos, estas regaderas deben tener la capacidad de operar como mínimo por 15 minutos continuos y su respuesta de operación no debe ser mayor a 1 segundo la ubicación de las regaderas de emergencia responden a lo planteado en la norma ANSI Z 358.1 2009:

- Deben ubicarse en áreas bien iluminadas.
- No debe haber desniveles entre la zona de trabajo de riesgo y la ubicación de la regadera.
- Debe haber un paso libre hacia la regadera de emergencia, no debe haber ningún tipo de obstrucción.
- Entre la zona de trabajo y la regadera no debe haber una distancia con un recorrido mayor a 10 segundos.



Bajo estos parámetros se proponen tres regaderas de emergencia, dos de ellas ubicadas en el área de laboratorio principal a una distancia promedio de 6 metros de cada mesa de trabajo. Cada regadera está ubicada de tal forma que además en caso de requerirse puede dar servicio a otras áreas como son DQO, DQB y al otro extremo al área de cromatografía y absorción y al almacén de reactivos, se propuso una tercera regadera en el pasillo entre cuarto de estufas y área de balanzas que da servicio también a las áreas de microbiología, nitrógenos y HH. Las áreas del laboratorio se definen por el tipo de análisis que se requieren; las áreas, distribución de equipo y mobiliario ha sido determinado de acuerdo al número y frecuencia de los parámetros a analizar. Principalmente podemos identificar las siguientes áreas:

**Medición de DQO.-** Debido a que la gran mayoría de las corrientes de los trenes de agua serán sujetas a mediciones de DQO, el laboratorio cuenta con un área determinada para este fin. En donde se llevarán a cabo las mediciones de Oxígeno consumido por una oxidación rápida con oxidantes poderosos.

**Medición de DBO.-** De igual forma que la determinación de la DQO, todas las corrientes de los trenes de agua serán sujetos de mediciones de DBO, el laboratorio cuenta con un área determinada para este fin. En donde se llevarán a cabo las mediciones de Oxígeno consumido por la digestión de una muestra determinada.

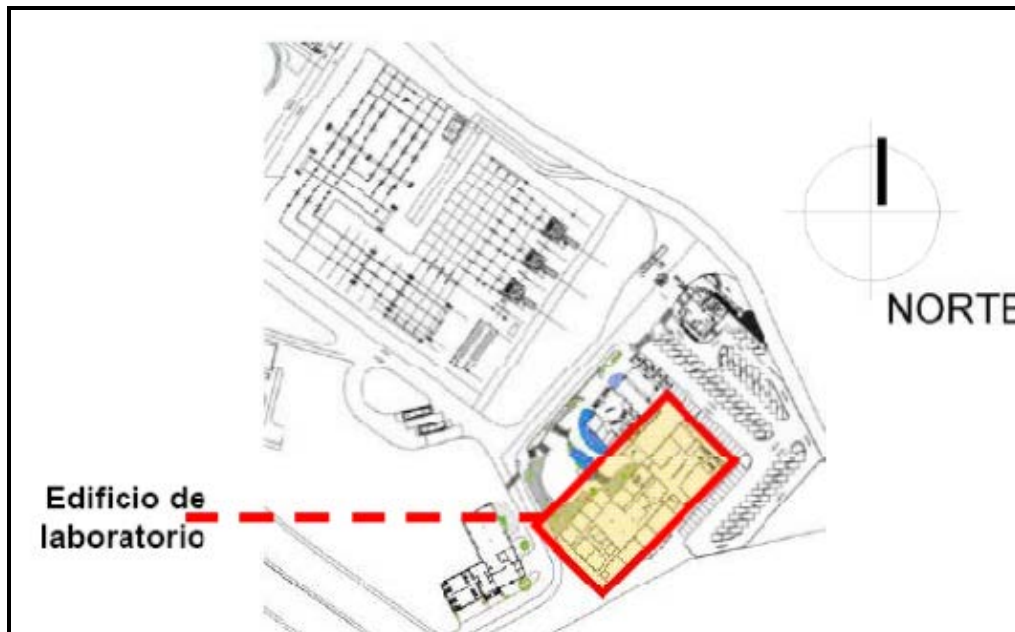
**Medición de Huevos de Helminto.-** En el área determinada a Huevos de Helminto se realizarán las pruebas para la determinación de huevos de helminto principalmente la especie Áscaris. Esta utiliza la combinación de los principios del método difásico y del método de flotación, obteniendo un rendimiento de un 90%. Su separación de las otras áreas es para evitar contaminación de otras especies.

**Medición de Nitrógeno en todas sus estados.-** En el área de Nitrógeno, se realizaran casi todas las pruebas analíticas de laboratorio, es decir Gravimetría, Volumetría, Conductimetría, Espectrofotometría, Fotometría de llama y Absorción atómica, necesarias para determinar Nitrógeno en los diversos estados de oxidación a lo largo del proceso de agua y de lodos.

**Microbiología.-** En esta área se llevarán a cabo las mediciones de diversos organismos que crecen a lo largo del proceso, tanto en los trenes de lodos, como en los trenes de aguas. Las actividades genéricas pueden definirse como operaciones químicas "por vía húmeda" para las que se cuenta con gran número de bancos fijos dotados de agua, electricidad, sumideros, campanas de humos, estanterías para los reactivos y espacio para la limpieza y almacenamiento del instrumental de vidrio.

**Cromatografía y Absorción.-** En esta área del laboratorio se caracterizaran por medio de Cromatografía de Gases, para identificar cualitativa y cuantitativamente sustancias en estado elemental.

**Localización:**



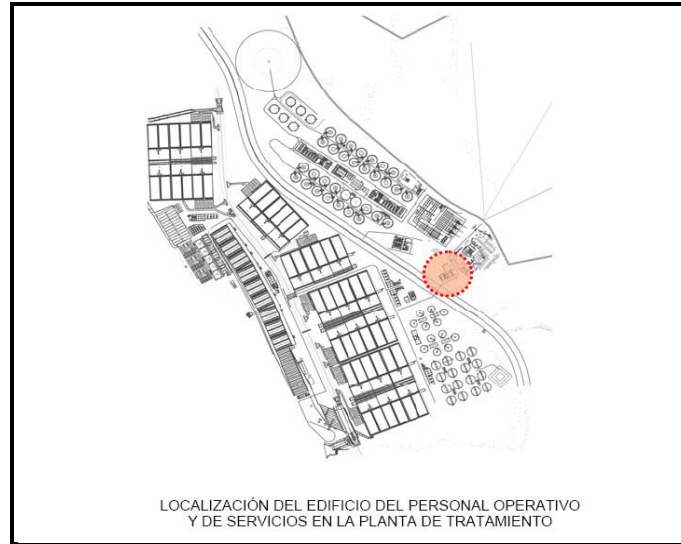
Alrededor del edificio se encuentran ubicados, la subestación principal que se encuentra del lado Noroeste así como el edificio de administración, y a los costados se localizan el estacionamiento principal el cual contempla tanto la caseta de acceso como la caseta principal y el edificio de personal operativo , así como una conexión cercana al edificio de mantenimiento y almacén.

**Edificio de personal operativo y de servicios.**

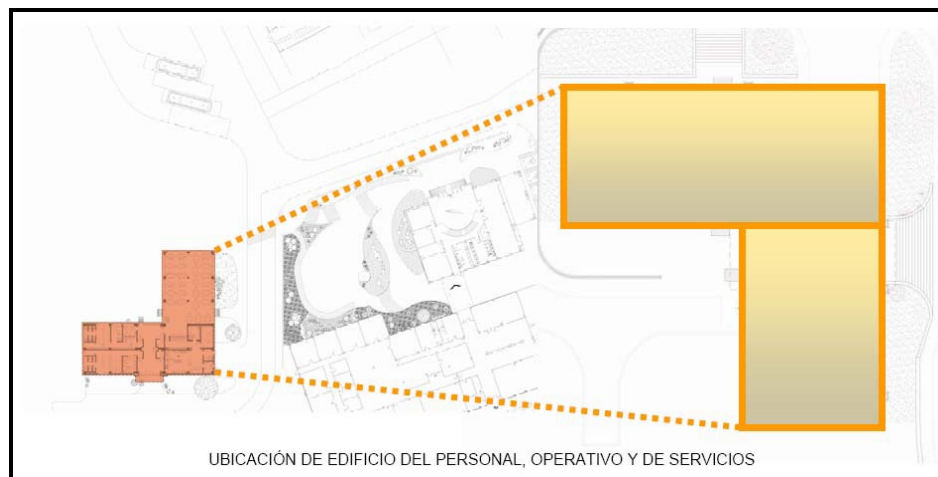
El edificio está integrado por tres áreas, la primera es el área vestibular, que se compone del lobby donde se encuentra el acceso principal, cuenta con salida de emergencia, la pizarra de información para empleados, el acceso a comedor/auditorio y el acceso a la zona de baños/vestidores, la complementa el cuarto de aseo y el detector de humo. La segunda área es la de comedor/cocina donde se accede a través de una puerta de cristal templado transparente con bisagras al piso y cuenta con dos salidas de emergencia. La capacidad del comedor/auditorio es de 156 comensales con una disposición del mobiliario que pueda ser aprovechado por personas con capacidades diferentes. En la zona de comedor los ventanales permiten una vista de la planta, sin embargo debido a que se encuentran rematados del paño de la fachada y por contener cristal entintado vitrosol, se propicia un clima fresco al interior, aunado a que el plafón subió de nivel 200mm con respecto a los entresijos de los edificios restantes; en el área de atención a comensales el servicio, se da por medio de una barra de alimentos fríos como ensaladas y fruta y la barra caliente de guisados y guarniciones, y un transfer de charolas con vajilla sucia que conecta directamente con el cuarto de lavado de losa. Para poder dar un servicio sin contratiempos, se realizó un estudio de funcionamiento entre los espacios que comprende la cocina, comenzando por controlar los accesos y salidas de personal, y el control de la materia prima que se usará para la elaboración de los alimentos así como el manejo de los desechos que se generen. De acuerdo a estas determinantes la cocina se organizó en este orden y con estas áreas: acceso de suministro, ingreso de insumos, despensa, refrigeración, preparación, aseo y desecho.

Por último el edificio se complementa con el área de servicios, que contempla baños, regaderas y vestidores para hombres y mujeres, donde se tomaron en consideración tres premisas fundamentales, ventilación, distribución de muebles de acuerdo a su uso y acceso a personas con capacidades diferentes.

**Localización**



El edificio se encuentra localizado al noreste de la PTAR (Planta de Tratamientos de Aguas Residuales), entre la zona administrativa y la vía férrea. El conjunto está flanqueado al noroeste por el Edificio Administrativo y el Laboratorio con el que tiene una conexión directa a través de un andador cubierto, al noreste y sureste por el estacionamiento del área administrativa, al suroeste por el Edificio de Servicios y de Personal. Se ubicará en una parte alta del predio donde se visualiza el proceso que se generará dentro de este complejo, convenientemente localizado en el conjunto para dar servicio tanto al personal administrativo y de laboratorio que puede trasladarse caminando como al personal que labora en la Planta que puede trasladarse mediante el sistema de transporte interno.

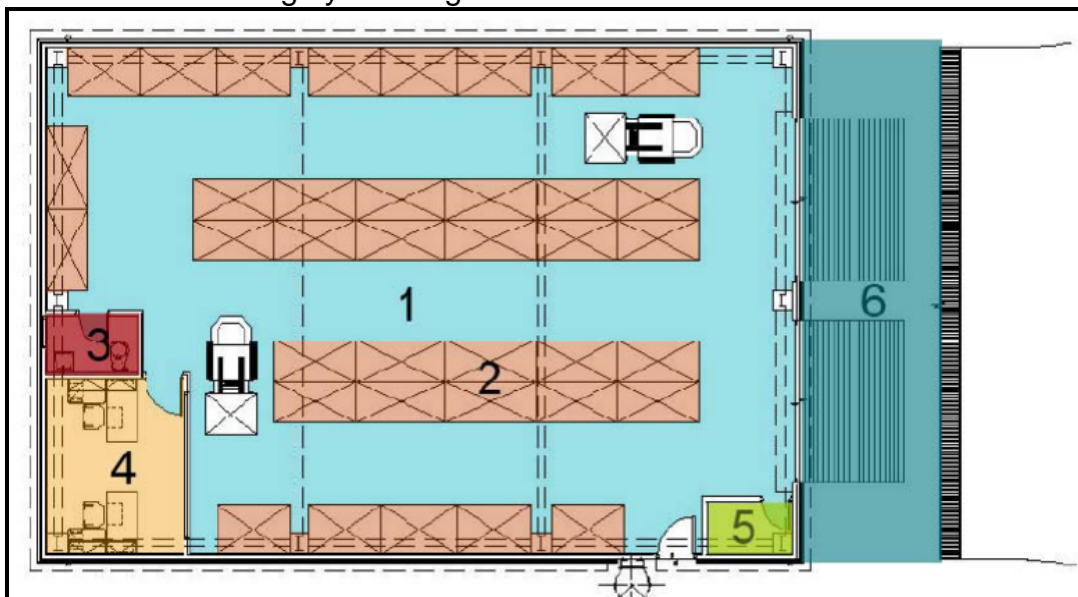


### **Edificio almacén**

El acceso principal del conjunto se encuentra enmarcado por una estructura de acero de forma simple soportada por unas columnas de acero de forma circular desplantadas en forma de "V". Además en el acceso hay un acueducto en forma de pórtico; el acceso al edificio del almacén es por medio de un andén de carga y descarga, con la finalidad de facilitar el movimiento de los materiales que en él se almacenaran. Para acceder a este andén, el almacén tiene una calle que queda justo frente al acceso al edificio esta calle tiene una pendiente que permite a los camiones o autos quedar a nivel del andén para facilitar las descarga de los materiales; el edificio se localiza al suroeste de la PTAR cerca de la zona administrativa, del acceso y del estacionamiento principal, además por su estratégica ubicación en el conjunto, se comunica con los demás edificios por medio de la vialidad principal, su ubicación se pensó de tal modo que se pueda acceder a este edificio de manera fácil y rápida, sin intervenir en las demás actividades de los otros edificios del conjunto; se trata de un rectángulo, esta forma facilitará el acomodo de los racks lugar donde se almacenaran los materiales que se requieran. Debido a las funciones del edificio, se requiere de poco personal, para laborar en él, por lo que los espacios que se contemplan en el edificio son: el área de almacén, oficina baño y Cuarto de tableros y detección de humos, estos son los espacios básicos que necesita el edificio; al Norte colinda con el edificio de cloración del área 400, al Sur con los flotadores de lodos y el edificio de mantenimiento, al Este con la zona administrativa, aquí se ubican los edificios caseta de vigilancia, administración, laboratorio y edificio de personal. Al Oeste con la subestación derivada número 4 y la casa de bombas del sistema contra incendio.

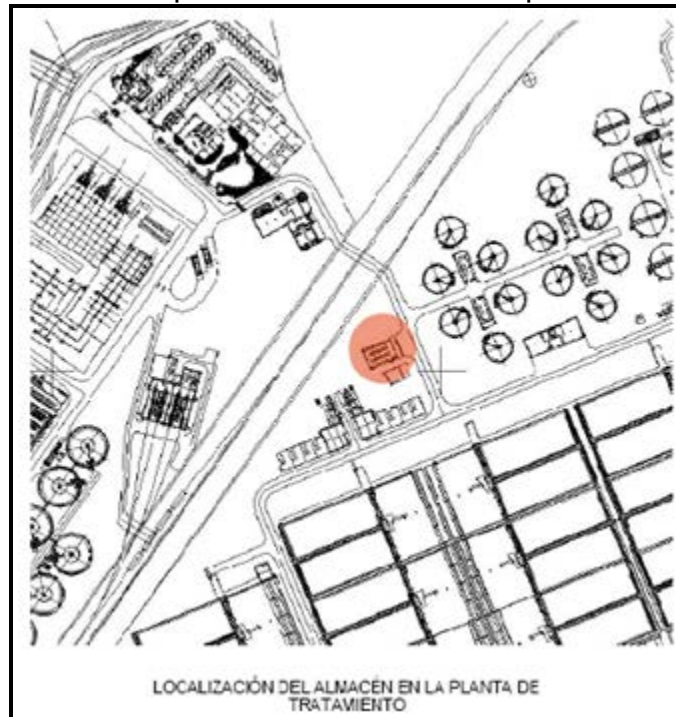
La distribución del edificio se observa en el siguiente esquema:

1. Área Operativa
2. Almacén general
3. Racks de Almacenamiento
4. Baño
5. Oficina
6. Cuarto de tableros de detección de humos
7. Andén de carga y descarga



## **Localización.**

El edificio se localiza cerca del núcleo de edificios ubicados en el acceso principal en el área conocida como área 500, el edificio se encuentra al noroeste de la Planta de Tratamientos de Aguas Residuales. Esta flanqueado al este por las vía férrea, al oeste con la casa de bombas del sistema contra incendio, al norte con el edificio de cloración, al sur con el edificio de mantenimiento. Se localiza en un punto estratégico del conjunto, pues en este edificio se almacenarán parte de los materiales que se utilizarán dentro de la planta.



## **Edificio de Mantenimiento**

El acceso principal del conjunto se encuentra por una estructura de acero de forma simple soportada por unas columnas de acero de forma circular, y en el acceso hay un acueducto en forma de pórtico, misma que hace más amable e interesante el proyecto. El acceso al Edificio de Mantenimiento está ubicado sobre la vialidad principal cerca de los Clarificadores Secundarios y rodeada por dos flotadores de lodo y a los costados se localizan la subestación Derivada N.3 y Cobertizos para los sopladores del área 300. La solución propuesta para el edificio de mantenimiento es muy sencilla y toma en cuenta para su diseño, las formas geométricas regulares y simples, se desarrolla en un solo nivel, en donde la fachada principal cuenta con cortinas enrollables para el suministro de material o equipo y permite el acceso a vehículos para los talleres Mecánico y Eléctrico. En la parte central del edificio se ubican las Oficinas y Núcleos de baños integrándolas por medio de un vestíbulo. El edificio se localiza al noreste de la vialidad que se encuentra entre el área 700 y el área 300 entre dos Flotadores de lodos; el acceso al edificio será hacia el noreste donde se comunica con la vialidad principal, colindando al noreste con el área de Clarificadores Secundarios, esta circundado por los cobertizos para los sopladores del área 300 y al sureste con la Subestación de Servicio N° 3.

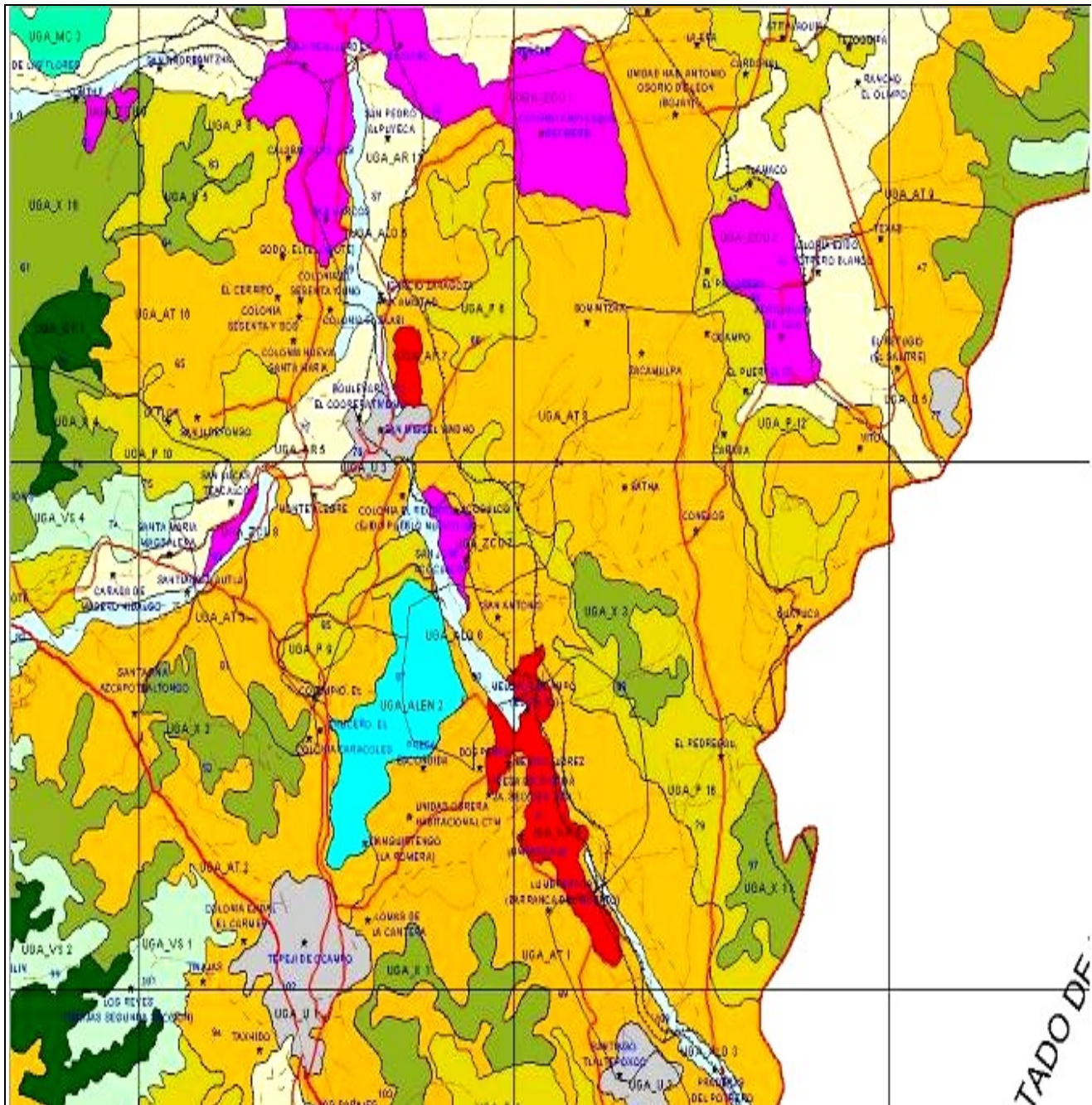


## **II.10 Etapa de Abandono del Sitio**

En caso de abandono, procedería el desmantelamiento de planta o en su caso la obra, llevando a cabo la demolición de las estructuras de concreto.

A pesar de que la vida útil de la PTAR se estima en 25 años, se prevé que con mantenimiento y sustitución de equipos oportunamente, la PTAR pueda operarse por más tiempo. Hay que considerar que de llevarse concretarse las expectativas de ahorro y reúso del agua en la ZMVM, la tendencia será a una disminución del volumen exportado, por lo que la PTAR puede disminuir su capacidad de acuerdo a la evolución de dicha tendencia.

# CAPITULO III VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES



## **Tabla de contenido**

III.1 Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 .....	3
III.2 Programa Nacional Hídrico 2007-2012 .....	3
III.3 Programa Hidráulico Regional 2002-2006 .....	8
III.4 Planes de Ordenamiento Ecológico del Territorio (POET) .....	9
III.5 Modelo de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Tula–Tepeji del Estado de Hidalgo .....	17
III.6 Unidades de Gestión Ambiental (UGA's).....	18
III.7 Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Atotonilco de Tula, Hgo. ....	20
III.8 Normas Oficiales Mexicanas. ....	22
III.9 Decretos y Programas de Manejo de Áreas Naturales Protegidas. ....	23
III.10 Áreas Naturales Protegidas de Competencia Estatal y Municipal .....	26

### **III.1 Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012**

El Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 asume como premisa básica la búsqueda del Desarrollo Humano Sustentable, esto es, el proceso permanente de ampliación de capacidades y libertades que permita a todos los mexicanos tener una vida digna sin comprometer el patrimonio de las generaciones futuras. Ello significa garantizar el acceso a los servicios de agua potable y saneamiento, la educación, la salud, la alimentación, la vivienda y la protección a los derechos humanos. El Plan Nacional de Desarrollo está estructurado en los siguientes ejes rectores:

- Estado de derecho y seguridad.
- Economía competitiva y generadora de empleos.
- Igualdad de oportunidades.
- Sustentabilidad ambiental.
- Democracia efectiva y política exterior responsable.

Cada eje rector está integrado por un conjunto de objetivos y estrategias, los cuales fueron la base para la elaboración del Programa Nacional Hídrico 2007-2012.

Cabe destacar que el eje cuatro abarca distintos factores ambientales, entre los cuales se incluye el agua, en relación a esto se han planteado los siguientes objetivos y estrategia para cumplirlos:

#### **Objetivo 1**

Incrementar la cobertura de servicios de agua potable y saneamiento en el país.

Estrategia 1.1 promover el desarrollo de la infraestructura necesaria para atender las necesidades existentes de servicios de agua potable y saneamiento en el país.

Estrategia 1.3 promover el desarrollo y difusión de tecnologías más efectivas y eficientes para la potabilización, uso y tratamiento del agua.

#### **Objetivo 2**

Alcanzar un manejo integral y sustentable del agua.

Estrategia 2.2 expandir la capacidad de tratamiento de aguas residuales en el país y el uso de aguas tratadas.

Estrategia 2.4 propiciar un uso eficiente del agua en las actividades agrícolas que reduzca el consumo de líquido al tiempo que proteja a los suelos de la salinización.

Vinculación con el proyecto. Es evidente que la construcción de la PTAR tiene su origen y fundamento en este Programa.

### **III.2 Programa Nacional Hídrico 2007-2012**

El Programa Nacional Hidráulico surge como un programa sectorial del Plan Nacional de Desarrollo para la presente administración federal. En él se integran los resultados de un proceso de planeación, sin precedente en nuestro país, caracterizado por una amplia participación de usuarios, autoridades locales, organizaciones no gubernamentales y sociedad organizada en la definición de la problemática, las prioridades y las alternativas de solución para las diferentes cuencas y acuíferos del país.

El Programa plantea la situación actual que guardan los recursos hídricos en México, revisa la evolución histórica que han tenido los aspectos de cantidad, calidad, usos y sus efectos; se analizan posibles escenarios de largo plazo, se define la visión del país que queremos alcanzar; los objetivos y las metas a lograr en el periodo, así como las estrategias y líneas de acción que permitirán avanzar hacia resultados concretos. En relación al presente proyecto se menciona lo siguiente:

Reutilización de aguas residuales. La reutilización del agua se constituye como una alternativa de gran relevancia en los estados áridos y semiáridos del país, donde uno de los principales problemas es la escasez del recurso. Actualmente son aprovechadas en el riego agrícola las aguas crudas de origen municipal en los Valles del Yaqui, Mayo y Guaymas en Sonora, Chiconautla en el Estado de México, Tula, Alfajayucan y Tulancingo en Hidalgo, Valle de Juárez en Chihuahua y Valsequillo en Puebla, entre otros.

De igual forma, el uso del agua residual tratada en la planta industrial mexicana tiene dos vertientes: una es la toma del agua residual tratada municipal y la otra se refiere a la reutilización del agua generada por la propia industria. Existen ejemplos en la Comisión Federal de Electricidad, PEMEX y Altos Hornos de México, que recurren a la primera alternativa; la otra alternativa es utilizada principalmente por industrias termoeléctricas, de celulosa y papel, química, acerera, y petroquímica, que la utilizan principalmente para sus procesos, sistemas de enfriamiento o calderas.

El uso del agua residual tratada para servicios al público quedó regulada con la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, que considera diferencias de uso con contacto directo (llenado de lagos y canales artificiales recreativos, fuentes de ornato, lavado de vehículos, riego de parques y jardines de esparcimiento) o el indirecto u ocasional (riego de jardines o camellones de autopistas o avenidas, campos de golf, abastecimiento de hidrantes de sistemas contra incendio y panteones).

El aprovechamiento de las aguas residuales, en forma ordenada y de acuerdo a la normatividad, permitirá satisfacer requerimientos de agua en usos que no exijan calidad potable, principalmente en zonas de gran escasez o conflicto por el uso de la misma.

En los foros del Programa Nacional Hídrico 2007-2012 se ha mencionado en relación al presente estudio que “las aguas residuales se traten y se reúsen”, mientras que también se menciona que ***“es necesario incrementar el reúso del agua, con el fin de reducir los volúmenes de extracción de las diferentes fuentes de abastecimiento para reducir la presión que existe sobre ellas.”*** Por último la Comisión Nacional del Agua ha manifestado que “...nuestra labor diaria nos permitirá recuperar los ríos, lagos, acuíferos y humedales y lograr que el agua siga siendo fuente de bienestar y prosperidad.”

Se han planteado ocho objetivos en el **Programa Nacional Hídrico 2007-2012**, a continuación se mencionan los objetivos que se vinculan a la **PTAR Atotonilco**, así como las estrategias y metas para cumplir dicho objetivo y los principales retos a superar.



**Objetivos Rectores del Sector Hidráulico**

Los objetivos perseguidos se mencionan a continuación:

1. Mejorar la productividad del agua en el sector agrícola.

De los 6.5 millones de ha de riego, 3.5 millones (54%) corresponden a 85 Distritos de Riego, entre los cuales se encuentra Tula (003) ubicado en la región XIII Hidalgo con un área de 51,825 ha, tal como se muestra en la siguiente Tabla.

Estrategias y metas para cumplir este objetivo

<b>ESTRATEGIA 2: INCENTIVAR EL INTERCAMBIO DE AGUA DE PRIMER USO POR AGUA RESIDUAL TRATADA</b>					
	<b>INDICADOR</b>	<b>UNIVERSO O META IDEAL</b>	<b>VALOR AL AÑO 2000</b>	<b>META EN EL PERIODO 2007-2012</b>	<b>META ACUMULADA AL AÑO 2012</b>
1.2.1	Superficie en distritos de riego regada con agua residual tratada (hectáreas)	5.000	0	5.000	5.000

Principales retos a superar en la zona

- Redimensionar las zonas de riego en función de la disponibilidad de agua.
- Promover la reconversión de cultivos hacia otros de alto rendimiento económico con base en la disponibilidad de agua y la vocación del suelo.

2. Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento. En materia de saneamiento, si bien se lograron avances importantes en los últimos años, al incrementar el porcentaje de agua residual tratada del 23% al 36.1%, es necesario redoblar esfuerzos para incrementar sustancialmente este valor, lo que permitirá sustituir agua de primer uso por agua residual tratada, así como recuperar la calidad de los ríos y lagos del territorio e incrementar la recarga de los acuíferos.

<b>CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES (M<sup>3</sup>/S)</b>	
Generado	272
Captado en las redes	206
Tratado	74.4 (36.1% del volumen captado en redes)

Caudal de Aguas Municipales (m<sup>3</sup>/s) Fuente: Estadísticas del Agua en México, edición 2007. Comisión Nacional del Agua.

<b>ESTRATEGIA 2: TRATAR LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS Y FOMENTAR SU REUSO E INTERCAMBIO</b>					
	<b>INDICADOR</b>	<b>UNIVERSO O META IDEAL</b>	<b>VALOR AL AÑO 2000</b>	<b>META EN EL PERIODO 2007-2012</b>	<b>META ACUMULADA AL AÑO 2012</b>
2.2.1	Tratamiento de aguas residuales colectadas (%)	100	36.1	23.9 puntos porcentuales adicionales	60

Estrategias y metas para cumplir este objetivo

Principales retos a superar:

- Lograr que el suministro de los servicios de agua potable, drenaje y tratamiento de aguas residuales sea una prioridad en las agendas municipal y estatal.
- Que los municipios establezcan planes maestros de agua potable, drenaje y saneamiento y se comprometan a su ejecución.
- Consolidar el reúso del agua residual tratada en el país, así como su intercambio por agua de primer uso en aquellas actividades en que esta opción es factible.

3. Promover el manejo integrado y sustentable del agua en cuencas y acuíferos.

Se plantea que: los usuarios cuenten con el agua que requieren y que la usen de manera eficiente; que los ríos, lagos y lagunas recuperen sus volúmenes de agua y que ésta sea de buena calidad; que los acuíferos estén en equilibrio y la calidad de su agua sea adecuada. Las cuencas o subcuencas con cuerpos de agua con mayor grado de contaminación son: Atoyac (Tlaxcala y Puebla), Lerma (Estado de México, Guanajuato, Michoacán y Jalisco), San Juan del Río (Estado de México, Querétaro e Hidalgo), Coatzacoalcos (Veracruz, parte baja), Tula (Estado de México e Hidalgo), Pesquería (Nuevo León), Tijuana (Baja California), Blanco (Veracruz), La Laja (Guanajuato), Turbio (Guanajuato), Grande de Morelia (Michoacán), Cuautla (Morelos), Santiago (Jalisco, parte alta) y Apatlaco, (Morelos).

4. Mejorar el desarrollo técnico, administrativo y financiero del Sector Hidráulico.

<b>ESTRATEGIA 1: INCREMENTAR LOS RECURSOS PRESUPUESTALES Y FINANCIEROS, Y MEJORAR SU DISTRIBUCIÓN Y APLICACIÓN EN LOS PROYECTOS DE INVERSIÓN DEL SECTOR HIDRÁULICO</b>					
	<b>INDICADOR</b>	<b>UNIVERSO O META IDEAL</b>	<b>VALOR AL AÑO 2000</b>	<b>META EN EL PERIODO 2007-2012</b>	<b>META ACUMULADA AL AÑO 2012</b>
4.1.1	Presupuesto de inversión que se aplica anualmente en el Sector Hidráulico (millones de pesos)	37,860	16.000	227,130	No Aplica

Estrategias y metas para cumplir este objetivo

Principales retos a superar

- Vigilar la aplicación y cumplimiento de la Ley de Aguas Nacionales.
- Direccionar los recursos económicos del Sector Hidráulico conforme al orden y secuencia que se establezcan en los Programas Hídricos por Organismo de Cuenca.

5. Consolidar la participación de los usuarios y la sociedad organizada en el manejo del agua y promover la cultura de su buen uso.

La integración de los Consejos de Cuenca, como instancias de concertación y coordinación entre usuarios y autoridades, son el espacio idóneo para la consecución de los objetivos del Sector, al motivar a los ciudadanos a involucrarse y asumir un compromiso con el recurso.

**Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Particular “Construcción y Operación del Proyecto Denominado la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR Atotonilco”**

El consejo de cuenca en relación al proyecto se presenta en la siguiente Tabla.

No. CONSEC.	NOMBRE	FECHA DE INSTALACIÓN	REGIÓN HIDROLÓGICA
25	Valle de México	16-Ago-95	XIII Aguas del Valle de México

Consejos de cuenca

6. Crear una cultura contributiva y de cumplimiento a la Ley de Aguas Nacionales en materia administrativa.

ESTRATEGIA 1: INCREMENTAR LOS RECURSOS PRESUPUESTALES Y FINANCIEROS, Y MEJORAR SU DISTRIBUCIÓN Y APLICACIÓN EN LOS PROYECTOS DE INVERSIÓN DEL SECTOR HIDRÁULICO					
	INDICADOR	UNIVERSO O META IDEAL	VALOR AL AÑO 2000	META EN EL PERIODO 2007-2012	META ACUMULADA AL AÑO 2012
8.3.1	Monto anual recaudado por concepto de pago de derechos (millones de pesos de 2006)	Valor no determinado	8.133	58.000	No Aplica

Estrategias y metas para cumplir este objetivo

En lo que se refiere a los recursos económicos, es oportuno comentar que en las siguientes ocho metas se concentra el 89.6% de los 227,130 millones de pesos que implica el Programa.

META	MONTO (MILLONES DE PESOS)	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL	PORCENTAJE ACUMULADO
Incrementar la cobertura de agua potable en el medio urbano	63,949.0	28.16	28.16
Tratamiento del 60% de las aguas residuales colectadas	34300	15.10	43.25
Incrementar la cobertura de alcantarillado en el medio urbano al 95.6%	29.874	13.15	56.41
Modernizar 1.2 millones de hectáreas de riego	27,500.0	12.11	68.52
Incrementar en 8 puntos porcentuales el nivel de eficiencia global promedio de 80 organismos operadores en localidades de mas de 20 mil habitantes	18,934.0	8.34	76.86
Incrementar la cobertura de agua potable en el medio rural al 80.4%	12,119.0	5.34	82.20
Incorporar 103,000 hectáreas al riego	8,420.0	3.90	86.10
Proteger a 6 millones de habitantes contra inundaciones	8,000.0	3.52	89.62

Vinculación con el proyecto. La construcción de la PTAR es un proyecto del Gobierno federal a través de la CONAGUA para beneficio de la ZMVM y forma parte de este Programa.

### **III.3 Programa Hidráulico Regional 2002-2006**

#### **Aguas del Valle de México y sistema Cutzamala, Región XIII.**

Es importante que las acciones y objetivos dentro del ámbito regional, apunten en la misma dirección de los objetivos señalados por los documentos rectores de planeación nacional (PND y PNH); es por ello que la visión del sector hidráulico en la Región y la visión y misión de la Gerencia Regional de Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, se orientarán en el mismo sentido de la visión nacional, así como de la visión y misión de la Comisión Nacional del Agua, respectivamente.

Misión y visión de la Gerencia Regional.

En el marco del proceso de planeación estratégica emprendido por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), que implicó la consulta con funcionarios de las distintas áreas, así como de las Gerencias Regionales y Estatales; la Gerencia Regional de Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala definió su misión como: administrar y preservar las aguas nacionales dentro del ámbito regional, con la participación de la sociedad, interactuando con las instituciones y las cuencas vecinas del Valle de México, para el uso sustentable del recurso y coadyuvar en la protección y el bienestar de la población.

En materia de administración del agua, la Gerencia deberá mantener una estrecha relación con las instituciones y cuencas vecinas a fin de lograr el uso sustentable del recurso. Para alcanzar esa meta será necesario incrementar la participación de la sociedad en la gestión integral del recurso y fomentar la inversión del sector privado en la construcción de obras hidráulicas; la preservación del recurso y el logro del equilibrio hidráulico en la cuenca implican la ejecución de estudios para conocer la disponibilidad de agua en la región, principalmente por tratarse de una zona con alto crecimiento demográfico, además de fomentar una cultura del uso eficiente del agua.

Para contribuir al bienestar de los habitantes del Valle de México, la Gerencia tiene la responsabilidad de desarrollar programas encaminados a incrementar la cobertura de agua potable y asegurar el suministro del recurso, tanto en cantidad como en calidad, fomentar las inversiones de los sectores privado y social en la construcción y operación de la infraestructura hidráulica que permita el crecimiento económico de la región, así como brindar protección a los centros de población y áreas cuando ocurran emergencias hidrometeorológicas; adicionalmente y durante el proceso de planeación estratégica, la visión de la gerencia se ha definido como: es un órgano de la Comisión Nacional del Agua, con autonomía administrativa, financiera y de excelencia técnica, responsable de la planeación, administración de las aguas nacionales y de la infraestructura estratégica de abastecimiento, saneamiento, control de avenidas y desalojo de aguas, con un enfoque integral por cuenca que considera los recursos naturales asociados, promotor de la participación de los sectores usuarios organizados, con personal multidisciplinario calificado.

**III.4 Planes de Ordenamiento Ecológico del Territorio (POET)**

**Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo**

El OET del estado de Hidalgo se basa en el análisis sistémico y holístico de la relación sociedad-naturaleza y su marco espacial, lo que permite promover el desarrollo sustentable para el territorio en concordancia con los principios establecidos en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Hidalgo y en otras leyes, decretos, regulaciones federales y estatales. El ordenamiento ubica el sitio del proyecto dentro de la Unidad de Gestión Ambiental UGA XXVI, la cual está definida como:

**UGA XXVI.** Las montañas de 2,200 a 2,800 msnm, en una superficie de 1,146.1 km<sup>2</sup> que rodean a la región de Tula-Tepeji compuestas por basaltos, tobas ácidas, brechas, vulcanitas y en partes por aluvión, con encinares y matorral xerófilo permiten formar una reserva natural entre una región ampliamente influenciada por el proceso de urbanización y descentralización de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México; por sus elementos de diversidad biológica e interés social, se protegerá a través de un decreto; abarca parte del territorio de los municipios de **Tepeji del Río de Ocampo, Tula, Atotonilco de Tula, Ajacuba, Francisco I. Madero, Actopan, El Arenal, San Agustín Tlaxiaca, San Salvador, Mixquiahuala, Tezontepec, Chilcuautla, Progreso, Alfajayucan, Chapantongo, Nopala, Huichapan y Tepetitlán.**

UGA	UNIDAD GEOECOLÓGICA	PRINCIPALES PROBLEMAS	POLÍTICAS ECOLÓGICAS	POTENCIALES	USO PROPUESTO
XXVI	2.2.5. Montañas altas (1700-2500 m) estructuro-denudativas, formadas por calizas cristalinas y en ocasiones lutitas con matorral xerófilo, áreas alteradas y focos de agricultura temporal sobre rendzinas, litosoles y regosol eútrico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erosión</li> <li>Zona de expulsión poblacional</li> <li>Sobrepastoreo</li> <li>Cambio de uso de suelo</li> <li>Fuerte presión sobre recursos naturales</li> </ul>	Protección	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agrícola (b) 2.5.1 (-)</li> <li>Pecuario (b) 2.5.1 (-)</li> <li>Forestal (2.2.5 y (b) 2.2.6) 2.3.3 y 2.5.1 (a)</li> <li>Minero (2.2.5 y (b) 2.3.3) 2.2.6 y 2.5.1 (-)</li> <li>Ecológico (2.2.5 y (m) 2.2.6) 2.3.3 – 2.5.1 (a)</li> <li>Turístico (2.2.5-2.2.6) 2.3.3-2.5.1 (a)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Predominante</li> <li>Área Natural Protegida</li> <li>Compatible</li> <li>Flora y fauna</li> <li>Turismo alternativo</li> <li>Ecológico</li> <li>Forestal</li> <li>Condicionado</li> <li>Minero</li> <li>Agrícola</li> <li>Pecuario</li> <li>Infraestructura</li> <li>Asentamientos humanos</li> </ul>
	2.2.6. Montañas altas (1700-2900 m) volcánicas, formadas por rocas extrusivas; basaltos, tobas ácidas, brechas y vulcanitas con pinares, pin-encinares, focos de agricultura de temporal y matorral xerófilo sobre feozem háplico, litosoles y regosoles.				
	2.3.3. Montañas altas (1700-2900 m) volcánicas, formadas por rocas extrusivas: basaltos, tobas ácidas, brechas y vulcanitas con matorral xerófilo con áreas alteradas, focos de pastizal y agricultura temporal sobre feozem háplico, litosoles, vertisoles y regosoles.				
	2.5.1. Montañas muy altas (+2900 m) volcánicas, formadas por rocas extractivos, andesitas, tobas ácidas, brechas y basaltos con bosque de abetos natural y modificado, pinares y encinares, sobre suelos regosol districo, litosol y cambisol húmico.				

Asignación de usos de suelo, de acuerdo al Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo, escala 1:250 000



**Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Particular “Construcción y Operación del Proyecto Denominado la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR Atotonilco”**

<b>CRITERIOS DE LA UGA XXVI</b>					
<b>UGA</b>	<b>POLITICA AMBIENTAL</b>	<b>USO PREDOMINANTE</b>	<b>USO COMPATIBLE</b>	<b>USO CONDICIONADO</b>	<b>CRITERIOS ECOLOGICOS</b>
XXVI	Protección	Flora y Fauna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Turismo alternativo</li> <li>• Forestal</li> <li>• Ecológico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agrícola</li> <li>• Pecuario</li> <li>• Industrial</li> <li>• Infraestructura</li> <li>• Urbano</li> <li>• Minero</li> </ul>	<b>Ag.-</b> 1, 4, 6, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 22, 24, 28, 30, 32, 33, 34, 36, 47.
					<b>P.-</b> 8, 9, 10, 11, 16, 27, 30.
					<b>Mi.-</b> 1
					<b>Fo.-</b> 3, 4, 8, 12, 13, 16.
					<b>Ah.-</b> 2, 3, 4, 7, 8, 11, 13, 18, 26.
					<b>In</b> 14
					<b>Ei.-</b> 3, 4, 8, 12, 15, 17, 18, 21, 23, 24, 25, 26, 28, 32, 33, 40, 42, 43, 44, 45, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 57, 58, 59, 60, 66, 69, 70, 71, 73, 76, 79, 82
					<b>Ac.</b> 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 17, 26, 27, 29, 31, 32, 33, 34, 37, 38.
					<b>Pe.-</b> 1, 7, 8
					<b>Ff.-</b> 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 34.
<b>Mae.-</b> 1, 2, 5, 10, 12, 14, 17, 21, 23, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 46, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59.					

<b>CUMPLIMIENTO DE LOS CRITERIOS APLICABLES AL PROYECTO DEL POET PARA EL ESTADO DE HIDALGO ESCALA 1:250 000.</b>		
<b>SECTOR</b>	<b>CRITERIOS</b>	<b>VINCULACIÓN CON EL PROYECTO PTAR ATOTONILCO</b>
<b>EQUIPAMIENTO E INFRAESTRUCTURA</b>	3. Se prohíbe la instalación de cualquier tipo de:  Infraestructura, fuera de los asentamientos humanos, con excepción de aquella necesaria para desarrollar actividades de protección, educación ambiental, investigación y rescate arqueológico, previa manifestación de impacto ambiental y permitido en el programa de manejo.	La PTAR es una obra de infraestructura para la protección al ambiente ya que su objetivo es el tratamiento de agua residual y el presente documento cumple con la presentación de la MIA referida en dicho criterio.
	4. La infraestructura ya existente deberá sujetarse a las determinaciones del programa de manejo.	Se hace referencia a infraestructura ya existente, por lo que no aplica a la PTAR.
	6. La instalación de infraestructura estará sujeta al programa de manejo.	Se hace referencia a infraestructura ya existente, por lo que no aplica a la PTAR.
	7. Se promoverá el establecimiento de centros de acopio para el reciclaje de basura	Se realiza la separación de los residuos orgánicos e inorgánicos, se separa la madera, papel, desperdicio de acero cartón y PET en las instalaciones del proyecto
	8. Los asentamientos humanos mayores a 2,500 habitantes deberán contar con infraestructura para el acopio y/o manejo de desechos sólidos.	El proyecto no considera la instalación de Asentamientos Urbanos
	9. Los asentamientos humanos menores a 2,500 habitantes deberán contar con un programa de reducción, recolección y reciclaje de desechos sólidos.	El proyecto no considera la instalación de Asentamientos Urbanos

**Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Particular “Construcción y Operación del Proyecto Denominado la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR Atotonilco”**

**EQUIPAMIENTO E INFRAESTRUCTURA (Ei)**

12. Los asentamientos humanos y desarrollos turísticos deberán contar con un programa integral de reducción, separación y disposición final de desechos sólidos.	El proyecto no considera la instalación de Asentamientos Urbanos
15. Se prohíbe la ubicación de rellenos sanitarios y tiraderos a cielo abierto.	ATVM cuenta con una empresa contratada para la recolección de los residuos, sólidos urbanos. El proyecto en comento no considera la instalación de tiraderos a cielo abierto
17. No se permite la quema de desechos vegetales producto del desmonte.	No se utilizarán técnicas con fuego en ninguna de las etapas
18. Se promoverá el composteo de los desechos vegetales.	Los residuos vegetales obtenidos durante las diferentes etapas del proyecto se reintegrarán al suelo para su enriquecimiento.
21. Se promoverá la instalación de letrinas secas y/o la instalación de infraestructura para el manejo adecuado de las excretas humanos y animales.	La empresa Sanirent está contratada actualmente para la recolección de las aguas sanitarias y se tiene una planta de tratamiento donde se recolecta el agua residual de las oficinas
23. Las descargas del drenaje en zonas naturales deberán contar con sistemas de tratamiento.	No se llevarán a cabo descargas de drenaje en zonas naturales, el proyecto consiste en una planta de tratamiento de aguas residuales por lo que <b>todas las aguas residuales serán tratadas</b>
24. Los desarrollos turísticos deberán estar conectados al drenaje municipal o contar con un sistema de tratamiento de agua in situ.	El proyecto no considera el desarrollo de instalaciones turísticas en ninguna etapa del mismo.
25. Las instalaciones deberán contar con un sistema de tratamiento de agua in situ.	El proyecto consiste en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
26. La recolección de residuos deberá estar separada de la canalización del drenaje pluvial y sanitario en el diseño de calles y avenidas, además de considerar el flujo y colecta de aguas pluviales.	Se tiene contratada a una empresa particular que realiza la recolección de los residuos sólidos. Se contará con drenaje sanitario y pluvial separado
28. Toda descarga de aguas residuales deberá cumplir con la NOM-ECOL-001-1996, NOM-002-ECOL-96, la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento.	Toda el agua que se maneje en el proyecto cumplirá al final del proceso, con las normas mencionadas, así como con la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento
32. Los desarrollos turísticos y asentamientos humanos deberán contar con un sistema integral de colecta, minimización, tratamiento y disposición de aguas residuales, de acuerdo con lo establecido en la NOM-001-ECOL-1996 y NOM-002-ECOL-1996.	El proyecto en comento no considera el desarrollo de Asentamientos Humanos o instalaciones turísticas
33. Se promoverá la utilización de aguas pluviales previo tratamiento y eliminación de grasas y aceites.	Se promoverá el uso y recolección de aguas pluviales, procurando que las mismas no se contaminen de origen.
40. No se permite la disposición de aguas residuales, descargas de drenaje sanitario y desechos sólidos en lagunas, zonas inundables o en cualquier otro tipo de cuerpo de agua natural.	No se llevará a cabo la disposición de aguas residuales, drenaje sanitario o desechos sólidos urbanos en ningún cuerpo de agua nacional durante ninguna etapa del proyecto
42. Se prohíbe la apertura y/o construcción de carreteras en esta zona.	No se considera la apertura o construcción de carreteras en la zona en ninguna etapa del proyecto.
43. Se prohíbe la apertura y/o construcción de nuevas brechas.	No se considera la apertura o construcción de nuevas brechas en ninguna etapa del proyecto.

**Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Particular “Construcción y Operación del Proyecto Denominado la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR Atotonilco”**

44. La apertura de rutas y senderos interpretativos para investigación, educación ambiental y turismo de observación, estará sujeta al programa de manejo.	No se considera la apertura de rutas o senderos interpretativos en ninguna etapa del desarrollo del proyecto
45. Se promoverá la instalación de transporte alternativo, tales como: teleféricos, senderos para carretas y mulas, etc.	No se requerirán transportes adicionales a los existentes en el área del proyecto.
49. Los taludes en caminos se deberán estabilizar con vegetación nativa.	Se estabilizarán los taludes con vegetación nativa del lugar
50. Los caminos y terracerías existentes deberán contar con un programa de restauración que garantice en las orillas su repoblación con vegetación nativa.	Los caminos y/o terracerías existentes serán sujetos de un programa de repoblación con vegetación nativa del lugar
51. Los bordes de caminos rurales deberán ser protegidos con árboles y arbustos preferentemente nativos.	Se protegerán los bordes de los caminos rurales con árboles y arbustos nativos de la zona
57. Solo se permite la creación de embarcaderos rústicos.	No aplica al proyecto en comento
58. La instalación de líneas de conducción de energía eléctrica, telefonía y telegrafía (postes, torres, estructuras, equipamiento y antenas), deberá ser autorizada mediante la evaluación de una manifestación de impacto ambiental.	El proyecto cumplirá con toda la normatividad ambiental aplicable en cada una de sus etapas y para cada uno de los niveles de autoridad competente
59. La instalación de infraestructura se debe hacer preferentemente sobre el derecho de vía de los caminos.	La instalación de infraestructura se llevará a cabo de manera preferencial sobre el derecho de vía de los caminos.
60. Se promoverá la instalación de fuentes alternativas de energía.	El proyecto considerara la instalación de fuentes alternativas de energía.
66. No está permitida la instalación de campos de golf.	El proyecto no considera la instalación de campos de golf en ninguna etapa.
69. Queda prohibido construir infraestructura para el abastecimiento de agua a partir de manantiales y cuerpos naturales de agua ubicados dentro de la zona núcleo.	En el caso de requerirse se solicitará una concesión a la CONAGUA, y se cumplirá con la normatividad ambiental vigente.
70. Toda infraestructura nueva para abastecimiento de agua deberá presentar una manifestación de impacto ambiental.	En el caso de requerirse se solicitará una concesión a la CONAGUA, y se cumplirá con la normatividad ambiental vigente.
71. La infraestructura hidráulica para abastecimiento de agua potable y de riego ya existente, estará sujeta a la evaluación y regulación que se establezca en un programa de manejo.	En el caso de requerirse se solicitará una concesión a la CONAGUA, y se cumplirá con la normatividad ambiental vigente.
73. No deben usarse productos químicos ni fuego en la reparación y mantenimiento de derechos de vía.	No está considerado el uso de fuego productos químicos en la reparación mantenimiento de los derechos de vía
76. Las áreas urbanas y/o turísticas deben contar con infraestructura para la captación del agua pluvial.	El proyecto buscará contar con un drenaje pluvial, para la captación de agua de lluvia en el sitio
79. Los caminos, andadores y estacionamientos deberán estar revestidos con materiales que permitan tanto la infiltración del agua pluvial al subsuelo, así como un drenaje adecuado.	Los caminos, andadores y estacionamientos estarán acondicionados, con el tipo de drenaje adecuado, necesario para permitir la infiltración de agua al subsuelo.gg
82. En desarrollos urbanos y turísticos, las características de las construcciones estarán sujetas a la autorización del impacto ambiental.	El proyecto cumplirá con toda la normatividad ambiental aplicable en cada una de sus etapas y para cada uno de los niveles de autoridad competente

**Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Particular “Construcción y Operación del Proyecto Denominado la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR Atotonilco”**

<b>CONSTRUCCIÓN</b>		
<b>CONSTRUCCION (C)</b>	1. No se permite la disposición de materiales derivados de obras, excavaciones o rellenos sobre la vegetación nativa.	Se considera el manejo de residuos de la construcción durante la etapa de construcción y/o operación del proyecto
	3. La construcción de cualquier edificación residencial y de infraestructura, estará sujeta a una evaluación del impacto ambiental.	El proyecto cumplirá con toda la normatividad ambiental aplicable en cada una de sus etapas y para cada uno de los niveles de autoridad competente.
	5. Previo a la preparación y construcción del terreno, se deberá llevar a cabo un rescate de ejemplares de flora y fauna susceptibles de ser reubicados en áreas aledañas.	El proyecto considerará durante la construcción, el rescate de ejemplares de flora y fauna susceptibles de ser reubicados en las áreas aledañas.
	13. No se permite la utilización de explosivos.	En ninguna etapa del proyecto se hará uso de explosivos.
	14. Los productos primarios de las construcciones (envases, empaques, cemento, cal, pintura, aceites, aguas industriales, desechos tóxicos, etc.), deberán disponerse en confinamientos autorizados por el municipio.	El proyecto contará con un almacén para residuos peligrosos, donde se almacenarán hasta que sean recolectados periódicamente por la empresa contratada para su disposición final, así mismo se contará con un programa de manejo de residuos peligrosos.  Así mismo se contará con un programa de manejo de residuos sólidos urbanos y los convenios necesarios para su recolección y confinación donde así lo indiquen las autoridades municipales.
	15. Para la edificación de cualquier infraestructura se deberá dar preferencia a la utilización de materiales de la región.	El proyecto por sus especificaciones técnicas requerirá diversos tipos de materiales, que no se encuentran presentes en la región, sin embargo cuando sea posible se utilizarán materiales regionales en la construcción de la infraestructura.
	16. El almacenamiento y manejo de materiales deberá evitar la dispersión de polvos.	Se llevarán a cabo medidas preventivas para evitar la dispersión de polvos; tales como el riego de las zonas que así lo requieran.

<b>SECTOR</b>	<b>CRITERIOS</b>	<b>VINCULACIÓN CON EL PROYECTO PTAR ATOTONILCO</b>
---------------	------------------	--

**Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Particular “Construcción y Operación del Proyecto Denominado la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR Atotonilco”**

<b>FLORA Y FAUNA (FyF)</b>	<p>2. Ningún tipo de actividad debe alterar el desarrollo de las comunidades de flora y fauna y su interacción con los ecosistemas naturales.</p>	<p>El proyecto no afecta ninguna comunidad de flora y fauna, ya que los terrenos para su instalación eran dedicados anteriormente a la agricultura de temporal y de riego; es evidente la presencia de relictos de vegetación en los cauces de los escurrimientos y en las laderas con pendiente pronunciada, en cuyos casos no se afectará, dicha vegetación</p> <p>En cuanto a la fauna, esta es escasa en mamíferos en número y especies, por no existir suficiente vegetación para establecer sus madrigueras o para alimentación ya que estos campos ya no producen cosechas, de la misma manera, los carnívoros detectados son aves de presa que cazan principalmente roedores y otras aves.</p> <p>La principal estrategia será ahuyentarlos, de tal forma que se establezcan en los predios adyacentes, ya que los roedores y aves identificadas son organismos oportunistas que toleran y buscan las actividades agrícolas.</p>
	<p>3. En terrenos con pendientes mayores al 30% se prohíbe toda actividad agropecuaria y deberá propiciarse la conversión a su estado original.</p>	<p>El proyecto no considera la realización de actividades agropecuarias en ninguna etapa del mismo</p>
	<p>4. Se establecerán zonas de amortiguamiento entre las áreas de protección y aprovechamiento; a partir del límite del área de protección, con un ancho mínimo de 100 metros.</p>	<p>Se considerará el establecimiento de una zona de amortiguamiento entre las áreas de protección y aprovechamiento dentro de los límites del proyecto</p>
	<p>6. Se deben establecer zonas de amortiguamiento entre las áreas de conservación y restauración; a partir del límite del área de conservación, con un ancho mínimo de 100 metros.</p>	<p>No se cuenta con áreas naturales en la zona del proyecto.</p>
	<p>7. El aprovechamiento de leña para uso doméstico deberá sujetarse a lo establecido en la NOM-RECNAT-012-1996.</p>	<p>No se considera el aprovechamiento de leña en ningún caso para ninguna etapa del proyecto.</p>
	<p>8. El aprovechamiento de plantas medicinales y no medicinales o forestales (usos alimenticios, rituales, ornamentales, etc.) deberá ser restringido al uso doméstico. Cualquier proyecto de explotación intensivo se deberá desarrollar bajo el esquema de UMAS.</p>	<p>El proyecto no considera el aprovechamiento de flora y/o fauna en ninguna etapa del proyecto</p>
	<p>10. Se permite el aprovechamiento de flora y fauna con fines de autoconsumo por parte de las comunidades locales, condicionado a los permisos establecidos con las autoridades competentes.</p>	<p>El proyecto no considera el aprovechamiento de flora o fauna en ninguna de las etapas</p>
	<p>11. Se prohíbe la captura y comercialización de las especies de fauna con status de protección incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y se permite la captura y comercio de fauna silvestre sin estatus comprometido de acuerdo a los calendarios cinegéticos correspondientes.</p>	<p>El proyecto no considera dentro de las obras y/o actividades que se desarrollarán, la captura y/o comercialización de especies de flora o fauna con algún estatus de protección de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010</p>
	<p>14. Se prohíbe la modificación de las áreas de ovoposición de anfibios, reptiles y aves.</p>	<p>El proyecto no considera la realización de la modificación de áreas de ovoposición anfibios, reptiles y aves.</p>



**Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Particular “Construcción y Operación del Proyecto Denominado la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR Atotonilco”**

SECTOR	CRITERIOS	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO PTAR ATOTONILCO
<b>FLORA Y FAUNA (FyF)</b>	15. Todas las actividades desarrolladas deberán garantizar la estructura, tamaño y permanencia de las poblaciones de aves canoras y de ornato.	Las actividades a desarrollar no afectarán la estructura, tamaño o permanencia de las poblaciones de aves canoras y de ornato.
	16. En el área de servicios, deberán dejarse en pie los árboles más desarrollados de la vegetación original.	Se considerará dejar en pie los árboles más y mejor desarrollados de la vegetación original.
	17. Se prohíbe la extracción, captura o comercialización de especies de flora y fauna silvestre, salvo autorización expresa para pie de cría en UMAS.	El proyecto no considera la extracción, captura o comercialización de especies de flora y fauna silvestres, en ninguna de sus etapas.
	18. Se promoverá la instalación de viveros e invernaderos con especies nativas.	El proyecto considera la instalación de un vivero en el cual se conservan los individuos rescatados durante la etapa de preparación del sitio, para su uso posterior en la revegetación de las áreas verdes del mismo.
	19. Solo se permite la caza y comercio de fauna silvestre dentro de Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMAS).	El proyecto no considera la caza y/o comercio de fauna silvestre en ninguna de sus etapas.
	21. Se promoverá la instalación de Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMAS) en la modalidad de manejo intensivo para uso comercial, repoblación o recreación.	El proyecto no considera el establecimiento de Unidades de Manejo Ambiental de Flora o Fauna, en ninguna etapa del mismo
	23. Las autoridades, en coordinación con los centros de investigación, promoverán la reproducción de especies faunísticas en cautiverio.	El proyecto no considera la instalación de bioterios para la reproducción de especies faunísticas en cautiverio en ninguna de sus etapas.
	25. La introducción de especies exóticas con fines de cultivos, deberá hacerse a través de un programa de manejo	El proyecto no considera la introducción de especies exóticas en ninguna etapa del mismo.
	26. Se prohíbe el uso de explosivos y dragados	El proyecto no considera la utilización de explosivos o bien la realización de dragados en aguas nacionales, en ninguna etapa del proyecto
	27. En las áreas de jardines se emplearán preferentemente plantas nativas y, el uso de especies exóticas se restringirá a aquellas especies cuya capacidad de propagación este suprimida.	Solo se usarán especies nativas para la vegetación de las áreas verdes dentro del área del proyecto
	28. Los jardines botánicos, viveros, parques ecológicos y unidades de producción de flora y fauna deberán estar asociados a los programas y actividades de ecoturismo de aquellas zonas con potencial turístico.	El proyecto no considera la realización de jardines botánicos o parques ecológicos en ninguna etapa del proyecto.
	29. Los viveros deberán incorporar el cultivo de especies arbóreas y/o arbustivas nativas para forestación.	Solo se usarán especies nativas en la reforestación y/o vegetación de las áreas verdes que se encuentren dentro del área del proyecto.
	30. Se deberán establecer viveros e invernaderos para producción de plantas de ornato o medicinales con fines comerciales.	El proyecto no considera realizar la producción de plantas de ornato o medicinales con fines comerciales en ninguna etapa del proyecto
	34. Se deberá regular las actividades productivas y recreativas en las zonas de anidación	No se cuenta con zonas de anidación dentro del área del proyecto.

**UGA XXIX.** Conforme al Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Hidalgo (POEEH) el proyecto también se ubicará en la UGA XXIX, los criterios aplicables a la UGA se mencionan en la siguiente tabla.

<b>CRITERIO ECOLOGICO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>INFRAESTRUCTURA</b>	
28. Toda descarga de aguas residuales deberá cumplir con la NOM-001-1996, NOM-002-ECOL-96, la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento.	Como se ha mencionado la intención del proyecto es mejorar la calidad del efluente tratado en la PTAR el cual pretende ser descargado en cuerpos de agua considerados como bienes nacionales.
34. Las nuevas plantas de tratamiento de aguas servidas deberán contar con un sistema que minimice la generación de lodos y contarán con un programa operativo que considere la desactivación, desinfección y disposición final de lodos.	La promovente cumplirá con lo establecido en la NOM-004-SEMARNAT-2002 para la disposición final de los lodos, así como para la construcción del monorelleno (que no es competencia de esta Secretaría su evaluación en materia de impacto ambiental.)
39. Los lodos activados producto del tratamiento de las aguas residuales, deberán de ser usados como mejoradores de suelos, siempre y cuando no rebasen la concentración máxima permitida de los residuos peligrosos enlistados en la NOM-CRP-001-ECOL/1993.	
<b>CONSTRUCCION</b>	
1. No se permite la disposición de materiales derivados de obras, excavaciones o rellenos sobre la vegetación nativa.	Para el cumplimiento del criterio 5, la promovente lleva a cabo un programa de rescate, reubicación, conservación y protección de especies de flora y fauna, el programa fue sometido a aprobación de la DGIRA y el cual fue aprobado.
5. Previo a la preparación y construcción del terreno, se deberá llevar a cabo un rescate de ejemplares de flora y fauna susceptible de ser reubicados en áreas aledañas.	La promovente lleva a cabo el manejo de residuos peligrosos a través de un almacén temporal controlado por la supervisión de la obra, el cual cuenta con todas las características que requiere la normatividad aplicable, además de los controles administrativos y ambientales, tales como permisos, bitácora y manifiestos, la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005 y La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
14. Los productos primarios de las construcciones (envases, empaques, cemento, cal, pintura, aceites, aguas industriales, desechos tóxicos, etc.), deberán disponerse en confinamientos autorizados por el municipio.	

<b>MANEJO DE ECOSISTEMAS</b>	
3 Los estudios o manifestaciones de impacto ambiental que se requieran, deberán poner especial atención al recurso agua y presentar las medidas de prevención de contaminación al manto freático.	El proyecto en comento en su totalidad consiste en una serie de obras y actividades para el mejoramiento de la calidad del agua en la región tanto para el agua superficial como para el manto freático.  Actualmente se ejecuta el programa de rescate, reubicación, conservación y protección de especies de flora y fauna, en las inmediaciones del predio donde se lleva a cabo el proyecto.
12. Se promoverá la restauración de la vegetación en las inmediaciones de los cauces, arroyos y ríos.	
17. Se promoverá la reforestación, esta deberá hacerse con flora nativa.	
21. Las zonas perturbadas deberán entrar a un esquema de restauración, permitiéndose la recuperación natural de la vegetación.	

### **III.5 Modelo de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Tula-Tepeji del Estado de Hidalgo**

Artículo 2. El Modelo de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Tula – Tepeji del estado de Hidalgo tiene como objetivo proveer de un instrumento de planeación ambiental que permita evaluar y programar el uso adecuado del territorio, así como el manejo de los recursos naturales, para preservar y restaurar el equilibrio ecológico y proteger el ambiente de los municipios que la conforman.

Artículo 3. Las estrategias, políticas y criterios contenidos en el Modelo de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Tula-Tepeji, serán de observancia obligatoria para los organismos no gubernamentales, dependencias y organismos de gobierno, iniciativa privada y sociedad civil con injerencia en el estado.

#### **Aguas Residuales**

Con respecto al incremento del riego con base de aguas residuales, como antes se mencionó, esto se debe a la insistencia de los agricultores de diferentes municipios como Ajacuba, por la alta productividad en las cosecha de cultivos como el maíz; sin embargo, no se consideran los daños a la salud, que están reflejados en los altos índices de enfermos de las vías gastrointestinales y por la contaminación tan aguda de los suelos, en la vegetación y en el agua del subsuelo; esta contaminación de los suelos por sales y metales pesados conlleva a mediano o largo plazo, a procesos de salinización y sodificación que redundará en una baja productividad, pero sobre todo, en un daño de los suelos por tiempo indefinido, cuya recuperación, requerirá de un largo plazo además de grandes inversiones económicas.

### III.6 Unidades de Gestión Ambiental (UGA's)

Las Unidades de Gestión Ambiental, tienen características homogéneas que en principio son representativas y únicas, a lo largo del territorio se presentaron condiciones semejantes en algunos factores de tipo abiótico y biótico, más no así en las condiciones socioeconómicas o viceversa por lo que una Unidad de Gestión Ambiental puede ser semejante en características socioecológicas pero muy diferentes en la distribución espacial y en los procesos funcionales que en ellas se realizan. Así, se observa que el matorral xerófilo de la región es común en toda la región, pero no todo se distribuye de manera homogénea. Dicho matorral es usado de manera diferente en una zona u otra, debido a las diferentes condiciones socioeconómicas, este matorral xerófilo se integra como parte del desarrollo de cada municipio pero bajo circunstancias de progreso y aprovechamiento diferentes.

Descripción de las Unidades de Gestión Ambiental del Modelo de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Tula – Tepeji del Estado de Hidalgo

<b>UGA CLAVE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>1. UGA_P</b>	Pastizales inducidos útiles para actividad ganadera extensiva.
<b>2. UGA_X</b>	Matorral xerófilo con bosque espinoso caducifolio, útil para el consumo humano y ganado domestico.
<b>3. UGA_VS</b>	Vegetación secundaria alterada sin representatividad ecosistémica útil para forraje de ganadería extensiva.
<b>4. UGA_ALEN</b>	Cuerpos acuáticos lénticos con vegetación de galería útiles en el equilibrio hidrodinámico regional.
<b>5. UGA_ALO</b>	Cuerpos acuáticos lóuticos con vegetación de galería útiles en el equilibrio hidrodinámico regional.
<b>6. UGA_Q</b>	Bosques y rodales de encino de importancia forestal pero altamente presionados por actividades antrópicas.
<b>7. UGA_ZCU</b>	Zonas de conurbación urbanas industrial comercial de alta densidad poblacional.
<b>8. UGA_U</b>	Zonas de desarrollo urbano con proyección comercial.
<b>9. UGA_AR</b>	Agricultura de riego a base de aguas negras provenientes del drenaje del Valle de México.
<b>10. UGA_AT</b>	Agricultura de temporal supeditada solo a la época de lluvias y de tipo subsistencia.
<b>11. UGA_AP</b>	Áreas habitadas con fuerte potencial de perturbación socio ecológica con alto grado de erosión.
<b>12. UGA_MC</b>	Matorral crasicuale usado como forraje para animales domésticos.

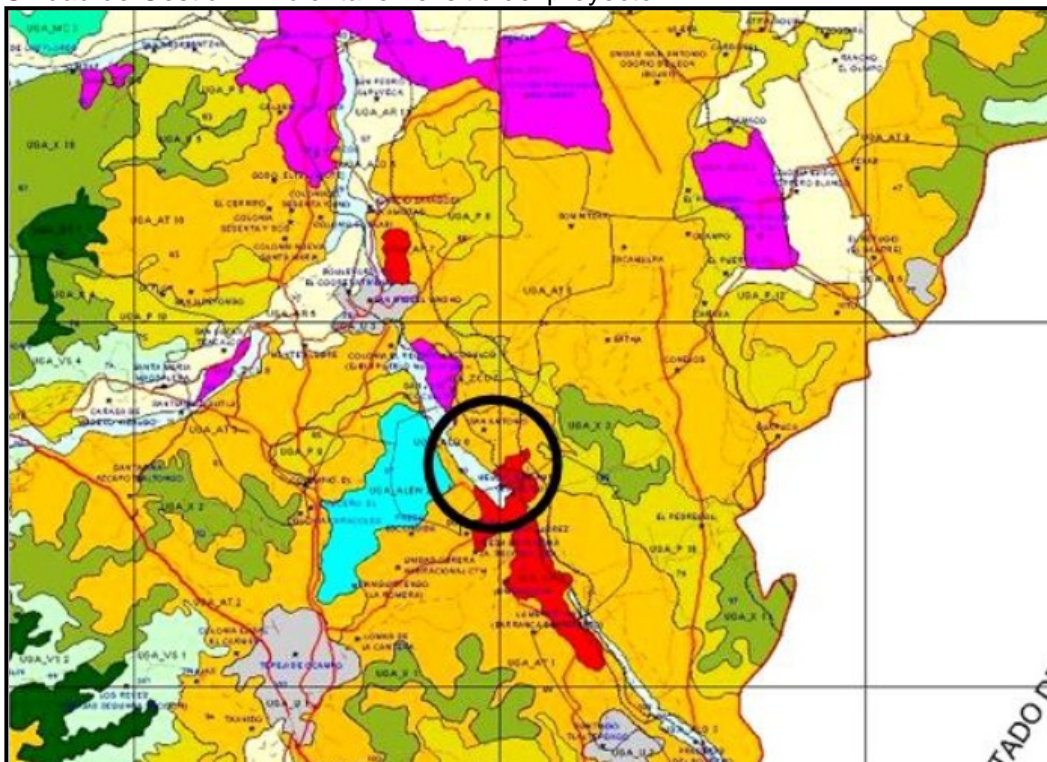
**Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Particular “Construcción y Operación del Proyecto Denominado la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR Atotonilco”**

La unidad de gestión aplicable al proyecto es la AT-8, caracterizada por cerros y lomeríos con vegetación xerofita, pastizal y agricultura de temporal; se le ha asignado una política de uso de suelo predominante, para la agricultura de Temporal, un uso condicionado para minería y/o pecuario, un uso de suelo compatible para la flora y la fauna e incompatible para el desarrollo urbano e industrial

Usos de suelo, Política Ambiental y Criterio Ecológico de las UGA's

ASIGNACIÓN DE USOS DE SUELO, POLÍTICAS AMBIENTALES Y CRITERIOS ECOLÓGICOS PARA LAS UNIDADES DE GESTIÓN AMBIENTAL (UGA'S)						
NO. UGA GRUPO	NO. UGA GENÉRICA	UNIDAD GEOECOLÓGICA	PROBLEMÁTICA	POLÍTICA AMBIENTAL	USO PROPUESTO	CRITERIOS ECOLÓGICOS
AT-8	54	13.4.6.- Cerros y lomeríos con vegetación xerófila, pastizal y agricultura de temporal.	Falta de aplicación de técnicas agrícolas y prácticas de conservación de suelos.	Aprovechamiento	<p><b>Predominante</b> Agrícola de Temporal.</p> <p><b>Condicionado</b> Minería. Pecuario.</p> <p><b>Compatible</b> Flora y Fauna.</p> <p><b>Incompatible</b> Urbano Industria.</p>	<p>Ag. 1, 2, 3, 4, 7, 10, 11, 13, 14, 17, 22, 24, 25, 31, 34, 36, 38, 39, 40, 42, 43, 46, 48, 53, 55, 68, 69, 70, 79, 80, 89, 90, 92, 93, 94, 106, 107, 109, 113;</p> <p>P. 4, 5, 6, 7, 53,</p> <p>Fo. 1, 2, 5, 33, 35;</p> <p>PeA. 1, 2;</p> <p>In. 1, 3, 4, 9, 10, 17, 18, 34, 59; Mi. 1, 3, 13, 39;</p> <p>Tu. 2, 11, 68;</p>

Unidad de Gestión Ambiental en el sitio del proyecto





Cumplimiento de los criterios aplicables al proyecto del POET para el estado de Hidalgo.

<b>SECTOR</b>	<b>CRITERIOS</b>	<b>VINCULACIÓN CON EL PROYECTO PTAR ATOTONILCO</b>
<b>EQUIPAMIENTO E INFRAESTRUCTURA</b>	1.- No se deberán establecer tiraderos de residuos sólidos en áreas de cultivo.	El proyecto no considera la instalación de tiraderos de residuos sólidos en ninguna etapa.
	2.- Definir rutas de comercio y distribución de productos básicos sin afectar áreas ecológicas.	El proyecto no considera la distribución de productos básicos en ninguna de sus etapas.
	5.-Evitar la instalación de torres y líneas de conducción eléctrica en áreas de cultivo	El proyecto no considera la Instalación de torres o líneas de conducción en ninguna de sus etapas.
	6.- Evitar la construcción de accesos que puedan afectar las áreas de cultivo.	El proyecto no considera la construcción de accesos, en áreas de cultivo en ninguna etapa.
	118.- Los productores agrícolas deberán colaborar en el diseño de los caminos de acceso para no afectar los cultivos.	El proyecto no considera la construcción de accesos, en áreas de cultivo en ninguna etapa.

### **III.7 Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Atotonilco de Tula, Hgo.**

A continuación, se desagregan por cada subcomponente del desarrollo urbano, los objetivos específicos, dando las pautas para el diseño de una estrategia integral y en este caso se hace énfasis en lo relacionado al rubro de aguas residuales.

#### **Infraestructura**

1. Dotar a todas las localidades del sistema de ciudades de la infraestructura básica: agua potable, drenaje y energía eléctrica para contribuir a su consolidación y disminuir la proliferación de los asentamientos dispersos.
2. Establecer un eficiente manejo de las aguas residuales para evitar los riesgos de contaminación de suelo y cuerpos de agua.
3. Establecer un sistema eficiente para la recolección y disposición final de los residuos sólidos.

Por otra parte en el capítulo 4 del PDU de Atotonilco de Tula relativo a las estrategias, se plantean las políticas de Desarrollo Urbano entre las que se destacan las siguientes:

#### **Política de mejoramiento**

Se propone la política de mejoramiento para las áreas urbanas que no cuentan con red de drenaje sanitario, dado que en ellas se presentan zonas con daños al medio ambiente (desalojo de aguas residuales en fosas sépticas y río Salado). Ya que no se cuenta con un colector principal que descargue en plantas tratadoras de aguas

residuales en todo el municipio; para las áreas agrícolas de buena productividad como es la que se localiza al este de la localidad de Vito es importante proponer la reutilización de aguas servidas que se descargan al “Río Salado”, previo tratamiento, ya que no se cuenta con otro importante acuífero superficial así mismo dentro del capítulo 6, (Programación y Corresponsabilidad Sectorial) se define la estructura programática de la administración pública municipal.

En la matriz de corresponsabilidad sectorial que se presenta a continuación, se pueden observar las acciones y obras prioritarias que el **Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Atotonilco de Tula** propone a fin de abatir los rezagos y déficit en materia de **infraestructura** servicios, vialidad, equipamiento urbano, vivienda, patrimonio edificado y natural, además de otros aspectos, que permitan a la población del área de estudio alcanzar mayores niveles de bienestar y calidad de vida, así como lograr un desarrollo urbano más equilibrado y ordenado en esta importante zona del Estado de Hidalgo.

**Acciones y obras prioritarias del PMDU de Atotonilco de Tula**

Programa urbano	No. de acción	Ubicación	Acción específica	Plazo de ejecución			Responsable				Origen del Recurso	Prioridad
				Corto plazo 2011	Mediano plazo 2018	Largo plazo 2033	Federal	Estatal	Municipal	Concesión iniciativa privada		
Infraestructura urbana	21	Municipio	Construcción de Planta de tratamiento		x		x				Aportación Federal	B
	22	Centro de población (Bicentenario)	Planta de Tratamiento	x							Participación privada, municipal y estatal	A
	23	Río El Salado	Saneamiento integral del cauce	x					x		Fondo Único de Participaciones	A

Asimismo se podrán integrar en forma programada las acciones, obras y servicios que deberán realizarse a corto, mediano y largo plazo, para cumplir con la estrategia planteada. Identificando los proyectos urbanos estratégicos para el desarrollo de esta zona, cuyas características sean las de contribuir a superar la problemática urbana identificada.

Para la realización del proyecto, se solicitarán los usos de suelo que el Municipio establezca de acuerdo al Plan de Desarrollo Urbano de Atotonilco de Tula ya que en el mismo documento se menciona que: las zonas no urbanizables son aquellas en donde se localizan ductos de PEMEX, líneas de energía eléctrica de alta tensión, las áreas agrícolas que rodean a las localidades del municipio de Atotonilco de Tula, etc.

### III.8 Normas Oficiales Mexicanas.

Las Normas Oficiales Mexicanas contienen la información, requisitos, especificaciones y metodología, que se deben cumplir en los diferentes campos de acción a que se refieren. Son, en consecuencia, de aplicación nacional y obligatoria.

Un caso especial es la NOM-059-SEMARNAT-2001, la cual no es una norma de cumplimiento, sino que tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana mediante la integración de las listas correspondientes, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones, mediante un método de evaluación de su riesgo de extinción. La vinculación de esta norma con el proyecto corresponde a la verificación del estatus de las especies identificadas en dichas listas.

Las NOM que requieren cumplimiento obligatorio y que aplican al proyecto de manera directa son las siguientes:

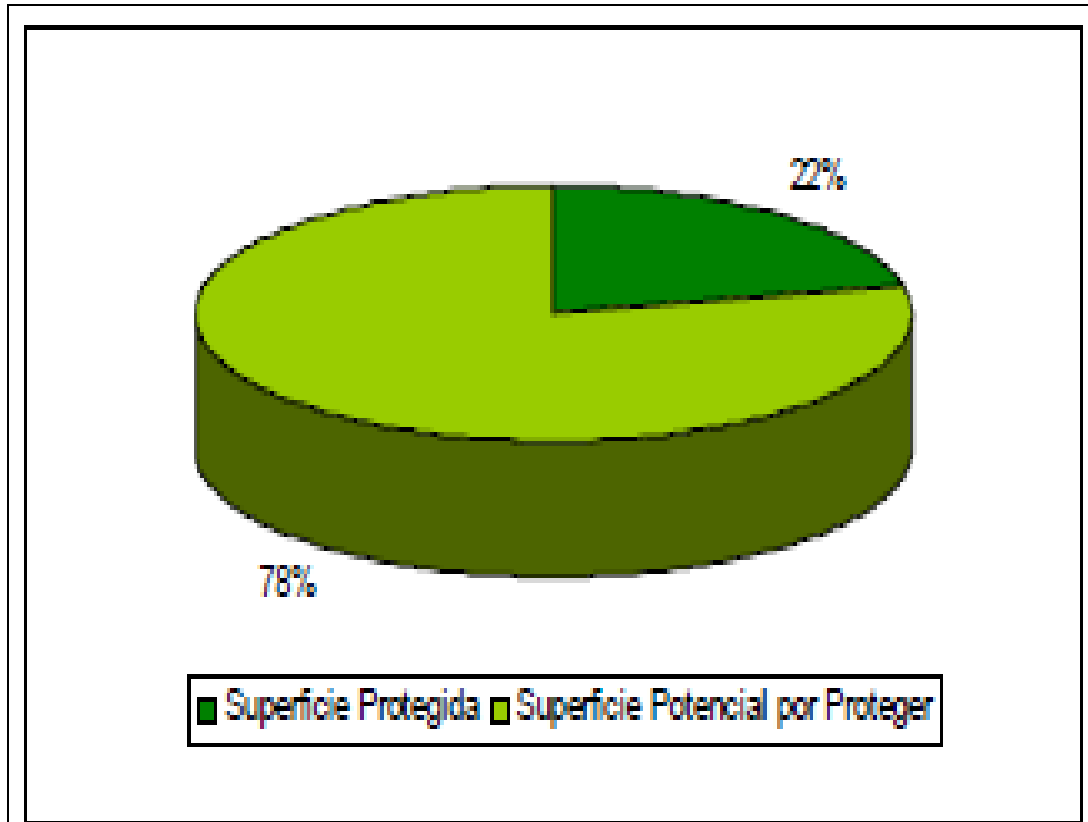
<b>NORMA APLICABLE</b>	<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>FORMA DE CUMPLIMIENTO</b>
<b>NOM-001-SEMARNAT-1996</b> Enero 06, 1997	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en agua y bienes nacionales	El agua resultante de la PTAR Atotonilco emitirá descargas por debajo de los límites máximos permitidos en la NOM 001 aquí mencionada
<b>NOM-004-SEMARNAT-2002</b> Agosto 15, 2003	Protección ambiental–lodos y biosólidos–especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final	Los lodos y biosólidos resultantes de la PTAR Atotonilco serán confinados de acuerdo a la normatividad en el Monorelleno adyacente.
<b>NOM-083-SEMARNAT-2003</b> Octubre 22, 2004	Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial	El proyecto cumple con esta norma ya que se llevará a cabo un monorelleno para el confinamiento de los lodos obtenidos de la PTAR. Dicho Monorelleno contará con especificaciones técnicas requeridas en esta Norma
<b>NOM-043-SEMARNAT-1993</b> Octubre 22, 1993	Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas	La PTAR Atotonilco no generará emisión de partículas sólidas por encima de los niveles máximos permitidos en esta norma
<b>NOM-085-SEMARNAT-1994</b> Diciembre 02, 1994	Contaminación atmosférica; para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno y los requisitos y condiciones para la	La <b>PTAR Atotonilco</b> No emitirá a la atmósfera humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y/o óxidos de nitrógeno; así mismo cumplirá con los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, sin sobrepasar los niveles máximos permisibles de emisión de bióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo por

	operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como los niveles máximos permisibles de emisión de bióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión. (Modificación D.O.F. 11- Noviembre-1997).	combustión
<b>NOM-052-SEMARNAT-2005</b>	Norma Oficial Mexicana que establece las características, el procedimiento de la identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos	La PTAR Atotonilco se acogerá a el procedimiento de identificación y clasificación de residuos peligrosos de acuerdo a la NOM-052, cuando sea necesario.  Ya que no se planea generar lodos con características CRETIB en ningún momento del proceso de tratamiento de las aguas provenientes del Valle de México
<b>NOM-081-SEMARNAT-1994</b> Enero 13, 1995	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	La <b>PTAR Atotonilco</b> , no excederá los límites máximos de emisión de ruido durante la operación de la misma, establecidos en la NOM-081

### III.9 Decretos y Programas de Manejo de Áreas Naturales Protegidas.

#### Áreas Naturales Protegidas de Competencia Federal

El Estado de Hidalgo que representa 1.1% del territorio mexicano, ocupa en el ámbito nacional los 14° lugar en diversidad de especies de vertebrados mesoamericanos y el 26° lugar en cuanto a endémicos estatales (Flores y Gerez, 1994). Con base a los Ordenamientos Ecológicos Territoriales y diversos estudios, se deduce que la superficie prioritaria de conservación en el territorio asciende a 614,157.38 ha, es decir el 29.38% del total estatal. Hidalgo cuenta con 36 áreas naturales protegidas de competencia Federal, Estatal y/o Municipal; las cuales cubren sólo 139,357.56 ha, es decir el 22.69% de la superficie prioritaria para la conservación y el 6.67% de la extensión territorial del Estado. Estas reservas naturales tienen distintos grados en su alcance operacional, desde áreas que cuentan con programa de manejo, presupuesto y personal operativo para su administración, hasta áreas con decretos que no se respetan como tal, por una serie de problemas y deficiencias, como indefinición de linderos y superficies, falta de indemnización y concertación con los propietarios, y criterios ambiguos que sustentan su protección.



El 78% del territorio del Estado aun es susceptible de ser protegido bajo algún régimen de área natural protegida

CATEGORIA	DECRETO	SUPERFICIE (HAS.)	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		MUNICIPIOS
<b>Parque Nacional Los Mármoles</b>	DOF. 08/09/1936	23,1500,000	20° 52'	98° 47'	Jacala de Ledezma, Nicolas Flores Pacula y Zimapán
<b>Parque Nacional Tula</b>	DOF. 27/05/1981	99.5002	20° 12'	99° 12'	Tula de Allende
<b>Parque Nacional El Chico</b>	DOF. 06/07/1982	2,739.0263	20° 08'	99° 44'	Mineral del Chico, Real del Monte y Pachuca de Soto
<b>RB Barranca de Meztlán</b>	DOF 27/11/2000 DOF. 01/08/2003	96,042.9470	20°32'	99° 15'	Acatlán, Atotonilco El Grande, Eloxochitlán Huasca de Ocampo, Metepec, Meztlán y Zacualtipan de Angeles
<b>Área de Protección de Recursos Naturales Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa</b>	Decreto 20/10/1938 Acuerdo 09/09/2002	9491.10	20° 05'	98° 10'	Acaxochitlán y Cuauteppec

Áreas Naturales Protegidas de Competencia Federal



Las áreas naturales protegidas de competencia federal en el Estado cubren 131,522.57 has. y representan el 21.42% de la superficie prioritaria de conservación y el 6.29% del total estatal. De esta superficie protegida, el 19.76% corresponde a tres Parques Nacionales, fundamentalmente en bosques de coníferas y encino, el 73.02% corresponde a una Reserva de la Biosfera en matorral xerófilo y submontano, el resto 7.23% corresponde a un Área de Protección de Recursos Naturales en bosque mesófilo de montaña y bosque de encino- pino, que se comparte con el Estado de Puebla

Cabe señalar que antes de la modificación de la LGEEPA en 1996, el Estado contaba con 12 Zonas Protectoras Forestales, mismas que en sus respectivos decretos no se precisó la superficie que abarcaban; sin embargo, se estima que en conjunto cubrían más de 450,000 hectáreas. Estas áreas se encuentran actualmente en un régimen de protección indefinido, ya que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales debe realizar los estudios y análisis que justifiquen la modificación de sus decretos y promover ante el Ejecutivo Federal la expedición del decreto correspondiente, según el Art. Octavo transitorio de la LGEEPA de 1996 (0).

**Zonas protectoras de áreas forestales**

Nombre	Fecha de decreto	Categoría
SNR núm. 03	DOF 03-Ene-34	Zonas Protectoras Forestales
SNR núm. 08	DOF 03-Ene-34	
Terrenos Montuosos de Fray Francisco	DOF 04-Ene-37	
Ciudad de Pachuca	DOF 11-Sep-37	
Ciudad de Zacualtipán	DOF 20-Abr-39	
Valle del Mezquital	DOF 03-May-47	
Presa Endhó	DOF 03-Ago-49	
Presa La Esperanza	DOF 03-Ago-49	
Presa La Peña-R. Gómez	DOF 03-Ago-49	
Presa Vicente Aguirre	DOF 03-Ago-49	
Presa Requena	DOF 03-Ago-49	
Presa Taxhimay	DOF 03-Ago-49	

Fuente: Consejo Estatal de Ecología estado de Hidalgo 2004, Nota: SNR: Sistema Nacional de Riego; DOF: Diario Oficial de la Federación.

Por otro lado, el 22 de noviembre de 2002 se firmó un acuerdo por el cual “se recategorizan como áreas de protección de recursos naturales, los territorios a que se refiere el Decreto Presidencial de fecha 8 de junio de 1949, publicado el 3 de agosto del mismo año” (DOF 07/11/2003). Sin embargo, el Decreto al que hace referencia, no precisa las áreas y superficies. Finalmente, es urgente que la situación de las Zonas Protectoras Forestales sea revisada por la CONANP en coordinación con el Estado, para determinar claramente en que estatus de protección permanecerán, sobre todo para realizar el rescate y regularización de las áreas que aún presenten características importantes.

De acuerdo a lo anterior el Valle del Mezquital está considerado como Zona Protectora Forestal, sin hacer mención al número de hectáreas que abarca, sin embargo, como ya se citó anteriormente se han realizado diversas regionalizaciones para dicho Valle, en este caso para ser congruentes con la ubicación de las etnias, se tomará en cuenta la regionalización (según Quezada, 2008) la cual abarca 30 municipios del estado de Hidalgo, de esta manera el proyecto se encuentra en Atotonilco de Tula (013) como se ilustra en la Figura 24. Asimismo en dicha figura se muestra el Valle del Mezquital el cual se considera Área Natural Protegida de control estatal, decretada en 1947.

### III.10 Áreas Naturales Protegidas de Competencia Estatal y Municipal

Hidalgo cuenta con 36 áreas naturales protegidas de competencia Federal, Estatal y/o Municipal; las cuales cubren sólo 139,357.56 hectáreas, es decir el 22.69% de la superficie prioritaria para la conservación y el 6.67% de la extensión territorial del Estado. Éstas reservas naturales tienen distintos grados en su alcance operacional, desde áreas que cuentan con programa de manejo, presupuesto y personal operativo para su administración, hasta áreas con decretos que no se respetan como tal, por una serie de problemas y deficiencias, como indefinición de linderos y superficies, falta de indemnización y concertación con los propietarios, y criterios ambiguos que sustentan su protección

Las áreas naturales protegidas de competencia estatal y municipal suman 31, las cuales cubren una superficie de 7,270.80 ha, representando el 1.3% de la superficie prioritaria de conservación en el Estado. La mayor parte de esta superficie corresponde a reservas ecológicas establecidas en áreas boscosas de encino, pino y juniperus (enebro), y matorral xerófilo.

#### Áreas Naturales Protegidas de Competencia Estatal

Categoría/Nombre	Fecha de Decreto	Superficie (ha)	Coordenadas Geográficas		Municipio (s)	Ecosistema
			X	Y		
Parque Ecológico Cubitos (Parque Estatal)	POE 30/12/2002	90.4506	20° 06'	98° 45'	Pachuca de Soto	Mx
Parque Estatal Bosque El Hiloche	POE 06/08/2004	99.8800	20° 08'	98° 40'	Mineral del Monte	Bq, Ba y Bqp
Reserva Privada Finca Tegalome	CP 20/09/2004	8.0000	20° 57'	98° 37'	Tlanchinol	Bmm
Reserva Privada El Zoológico	C.P. 22/02/2006	9.1600	19° 56'	99° 19'	Tepeji del Río	Mx
	<b>Subtotal</b>	<b>207.7906</b>				

En congruencia con la LGEEPA 1996 y LPAEH 2004, el RSEANP establece cinco categorías de áreas naturales protegidas, clasificadas de acuerdo a sus características fisiográficas, biológicas, socioeconómicas, objetivos y modalidades de uso. Son categorías de competencia estatal las “Reservas Ecológicas Estatales”, “Parques Estatales” y “Jardines Históricos” y de competencia municipal las “Zonas de Preservación Ecológica de los Centros de Población” y “Parques Urbanos Municipales ó Jardines Públicos.

Habiendo revisado la información necesaria se puede concluir que el proyecto no se ubica dentro o cerca de un área Natural Protegida de competencia Federal o Estatal, así como tampoco incide en ninguna Área de importancia para la conservación de las Aves, Región Terrestre Prioritaria, o Región Hidrológica Prioritaria; por lo anterior consiste de un proyecto viable en materia del uso de suelo.



# CAPITULO IV CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO NATURAL

---



## **Tabla de contenido**

IV.1 Delimitación del área de estudio .....	3
IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental .....	5
IV.2.1 Aspectos abióticos .....	5
IV.2.1.1 Clima .....	5
IV.2.1.2 Geología y geomorfología.....	8
IV.2.1.3 Suelos.....	9
IV.2.1.4 Hidrología superficial y subterránea .....	11
IV.3 Aspectos bióticos.....	21
IV.3.1 Vegetación terrestre .....	21
IV.3.2 Fauna .....	29
IV.4 Medio socioeconómico.....	32
IV.4.1 Área de estudio y de influencia socioeconómica.....	33
IV.4.2 Demografía .....	35
IV.4.2 Natalidad y mortalidad. ....	45
IV.4.3 Migración.....	46
IV.4.4 Población Económicamente Activa.....	51
IV.4.4 Marginación socioeconómica. ....	59
IV.4.5 Factores socioculturales .....	61
IV.4.5 Población Indígena y valoración comunitaria de sitios en municipios y área de estudio. ....	61
IV.5 Patrimonio histórico y arqueológico en el área de estudio .....	62
IV.6 Diagnóstico ambiental General.....	63
IV.7 Síntesis del inventario .....	63

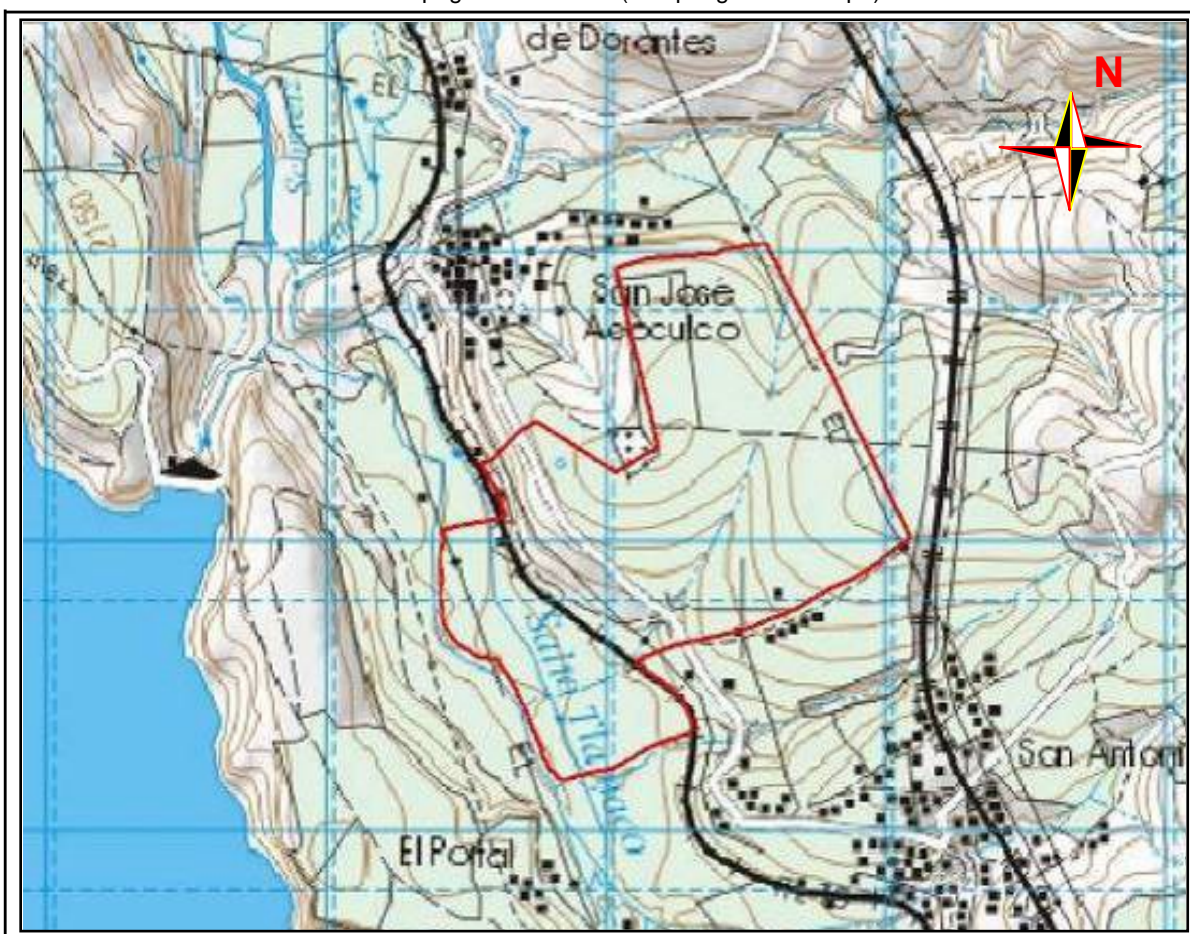


#### **IV.1 Delimitación del área de estudio**

Para definir el área de estudio, se analizaron varios criterios, los cuales abarcan desde los hechos históricos, hasta fenómenos socio-culturales actuales.

- En el criterio histórico-geográfico se analizó el hecho de que se importa agua de la cuenca del Pacífico a la cuenca de México y de ahí se exporta hacia la cuenca del Golfo.
- En el contexto regional, el valle del Mezquital, que originalmente no contaba con el excedente del agua residual del Valle de México, sufrió cambios drásticos, sobre todo en cuanto al uso del suelo.
- El estado de Hidalgo, y sobre todo el valle del Mezquital (que algunos autores consideran abarca hasta 33 municipios), tiene grandes contrastes en cuanto a salud, situación económica, agricultura e industria.

**Topografía del área de estudio para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales**  
carta topográfica E14A19 (Zumpango de Ocampo)-INEGI

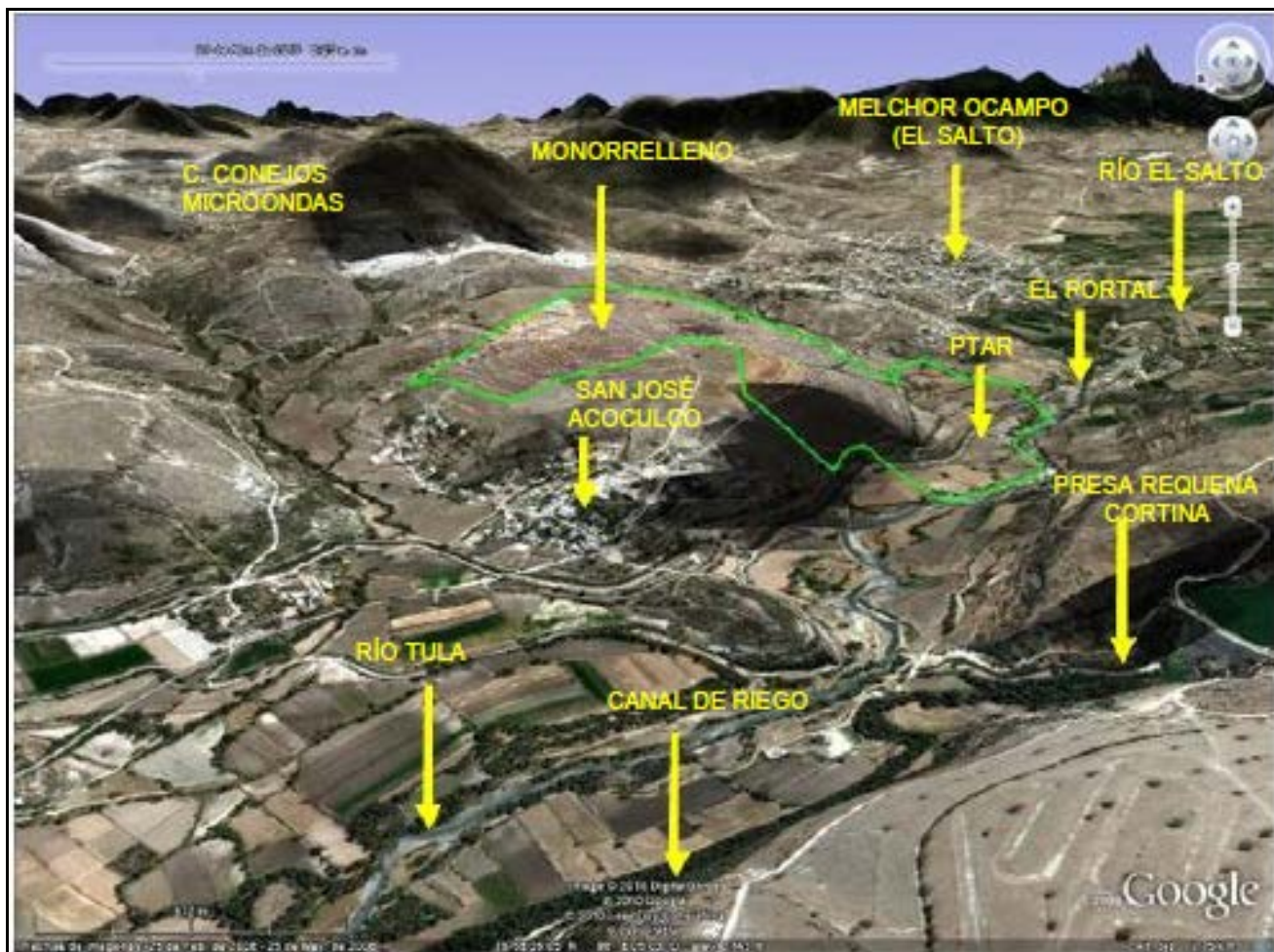


- La complejidad de factores sociales, culturales y económicos, no permite definir con certeza áreas homogéneas de características equiparables.
- El agua residual de la ZMVM que se descarga al río El Salto, el cual se suma al río Tula así como el agua que se destina a riego del DR003, abastece una zona de riego de 50,131 ha que comprende 17 municipios.



El terreno en donde se asentará la PTAR cubre una superficie de 158.5 ha se localiza en el municipio de Atotonilco de Tula, Hidalgo, corresponde a la carta topográfica E14A19 (Zumpango de Ocampo)-INEGI.

Por otro lado, los poblados circunvecinos son: dentro de Atotonilco de Tula están San José Acoculco, San Antonio y El Portal y en el municipio de Tepeji del Río de Ocampo, Melchor Ocampo (El Salto), Rancho las Palomas, Benito Juárez, Dos Peñas y Presa escondida. Es importante mencionar que dentro del predio no se encuentra establecida ningún tipo de vivienda.



Perspectiva de la zona en donde se asentará el proyecto, vista NNW.

En la Figura anterior se observa como el proyecto se asienta sobre una ladera (cerro San Antonio), hacia y hasta el río El Salto. Hacia el Oeste, se observa la presa Requena, y oculto tras el cerro San Antonio, la localidad de San José Acoculco.

Se observa como barrera geográfica hacia el oeste, la presa Requena y los cerros que la bordean. El valle formado por el cauce del río El Salto no es muy profundo, sin embargo el cerro San Antonio en si mismo forma el límite oriente, como se aprecia en la figura.

Se observa que el cerro Conejos, hacia el Oriente de la PTAR, forma un límite geográfico a

la pequeña cuenca que escurre hacia el río Tula. Como límite sobre el cauce del río El Salto, se consideran dos sitios de transición muy importantes, primero el Portal, donde emerge el emisor central que descarga aguas negras de la ZMVM y después de este punto, esta la convergencia del río El Salto con el río Tula; ambos puntos están sujetos a la regulación de las excedencias, tanto del control del canal El Salto-Tlamaco, como de la presa Requena. Considerando estos límites de diferente índole.



## **IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental**

### **IV.2.1 Aspectos abióticos**

#### **IV.2.1.1 Clima**

**Tipo de clima.** El clima de la zona es semiseco templado (BS<sub>1</sub>k) de acuerdo con la clasificación de Köppen (1948) y contrasta con el clima más húmedo que gozan las cimas. Situación que se refleja en la vegetación, señalando una variación climática altitudinal y otra de carácter topográfico; el promedio anual de temperatura en el Valle del Mezquital muestra variaciones de año a año, especialmente en la planicie. La temperatura media anual es de 18.3 °C. Este factor en la misma estación oscila mensualmente de 16° C (diciembre) a 22.9 °C (junio) y las temperaturas extremas desde -9 °C (enero; 1956) hasta 39 °C (mayo). La precipitación es de los elementos climáticos, el que reviste la mayor importancia en la ecología vegetal de las zonas áridas, ya que es el agua el factor limitante (González- Quintero, 1968).

**Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Particular “Construcción y Operación del Proyecto Denominado la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR Atotonilco”**

Existen dos máximos de precipitación uno en junio y otro en septiembre, el primero se debe a los vientos alisios, masas de aire que provienen del noreste, mientras que el segundo esta en conexión con fenómenos ciclónicos originados en el Caribe o en el Golfo de México que desplazan masas de aire hacia el noreste. La máxima precipitación ocurre durante el lapso mayo-septiembre y los más bajos son en febrero y marzo mientras que la precipitación media anual es de 410.7 mm (González- Quintero, 1968).

Este clima y de acuerdo a sus características abarca del 62% del territorio municipal, con verano largo y lluvia invernal inferior al 5%, la temperatura más elevada se manifiesta antes del solsticio de verano. Se ha registrado una temperatura anual entre 12 y 17 °C, una máxima de 34.3 °C y una mínima de 1.7 y 3.4 °C, aunque se llegan a presentar de menos de 2 °C.

**Normales climatológicas en la estación Presa Requena 1971-2000**

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL													
ESTADO DE HIDALGO													
ESTACION: 00013084 PRESA REQUENA, T. DEL R. LATITUD: 19°57'00" N. LONGITUD: 099°19'00" W. ALTURA: 2,109.0 MSNM.													
ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>TEMPERATURA MAXIMA</b>													
NORMAL	22.1	23.1	24.6	25.6	25.6	24.7	23.9	24.0	23.3	22.7	22.4	22.1	23.7
MAXIMA MENSUAL	24.5	28.9	30.5	30.9	31.8	29.3	27.0	27.1	25.6	25.3	26.3	24.2	
AÑO DE MAXIMA	1990	1994	1994	1994	1994	1998	1998	1993	2000	2000	2000	1996	
MAXIMA DIARIA	32.0	30.0	33.5	34.5	34.5	33.5	33.0	37.0	29.0	28.5	29.0	29.0	
AÑOS CON DATOS	28	28	26	28	28	28	28	27	26	28	28	28	
<b>TEMPERATURA MEDIA</b>													
NORMAL	13.4	14.3	15.8	16.9	17.3	17.0	16.6	16.7	16.3	15.5	14.6	13.7	15.7
AÑOS CON DATOS	28	28	26	28	28	28	28	27	26	28	28	28	
<b>TEMPERATURA MINIMA</b>													
NORMAL	4.7	5.6	7.0	8.2	8.9	9.3	9.2	9.5	9.3	8.2	6.8	5.3	7.7
MINIMA MENSUAL	1.8	2.2	4.0	4.7	6.4	7.1	6.2	8.2	7.3	5.8	3.1	2.1	
AÑO DE MINIMA	1986	1998	1993	1989	1993	1989	1989	1976	1979	1989	1999	1999	
MINIMA DIARIA	-3.0	-2.5	-2.5	0.0	0.5	4.0	4.0	5.0	2.0	-1.5	-2.0	-5.5	
AÑOS CON DATOS	28	28	27	28	28	28	28	28	27	28	28	28	
<b>PRECIPITACION</b>													
NORMAL	7.0	6.7	9.9	21.0	51.8	94.7	106.6	120.7	83.6	37.4	13.1	6.2	558.7
MAXIMA MENSUAL	74.5	43.0	47.0	76.5	141.5	197.0	211.0	956.4	190.2	126.5	64.0	27.0	
AÑO DE MAXIMA	1992	1995	2000	1987	1992	1985	1984	1988	1998	1976	1992	1995	
MAXIMA DIARIA	29.0	19.0	32.0	66.0	56.0	79.0	56.0	74.0	84.0	38.0	34.0	17.0	
AÑOS CON DATOS	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
<b>EVAPORACION TOTAL</b>													
NORMAL	124.3	116.4	142.6	144.2	150.3	136.4	136	135	127	127.9	120.8	121.6	1,582.50
AÑOS CON DATOS	26	28	26	28	28	27	27	27	27	27	28	28	
NUMERO DE DIAS CON LLUVIA	1.7	1.9	2.3	4.3	7.9	10.3	12.4	11.4	9.9	6.0	2.6	1.9	72.6
AÑOS CON DATOS	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
NIEBLA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3	
AÑOS CON DATOS	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
GRANIZO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	1.1
AÑOS CON DATO	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
TORRENTA E.	0.0	0.0	0.0	0.5	0.9	1.7	1.9	1.4	0.5	0.0	0.2	0.0	7.1
AÑOS CON DATOS	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	

Las estaciones meteorológicas más cercanas al sitio en donde se instalará la PTAR, son Presa Requena y El Salto, Municipio de Tepeji del Río. A continuación se presentan las normales climatológicas de ambas estaciones así como sus respectivos climogramas.

En la Presa Requena se han reportado temperaturas entre 1.8 °C y 31.8 °C (máxima y mínima mensual) en los años de 1971 al 2000, mientras que en Tepeji, se han tenido temperaturas desde -3.4 °C hasta 32.1 °C.

**Normales climatológicas en la estación El Salto, Tepeji del Río, 1971-2000**

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL													
ESTADO DE HIDALGO													
NORMALES CLIMATOLÓGICAS 1971-2000													
ESTACION: 00013068 EL SALTO, TEPEJI DEL RIO													
LATITUD: 19°57'00" N.				LONGITUD: 099°18'00" W.				ALTURA: 2,162.0 MSNM.					
ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>TEMPERATURA MAXIMA</b>													
NORMAL	23.4	24.3	26.5	27.3	27.4	25.3	23.6	23.8	23.0	23.3	23.9	23.4	24.6
MAXIMA MENSUAL	26.6	27.1	29.5	30.7	32.1	29.3	25.7	25.2	25.6	26.5	26.9	26.9	
AÑO DE MAXIMA	1996	1996	1991	1998	1998	1998	1979	1982	1977	1979	1994	1994	
MAXIMA DIARIA	31.0	31.0	34.0	34.5	36.0	34.0	29.0	28.5	29.0	30.5	32.0	31.0	
AÑOS CON DATOS	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
<b>TEMPERATURA MEDIA</b>													
NORMAL	12.2	13.2	15.5	17.2	18.2	17.9	17.0	17.0	16.6	15.4	14.1	12.8	15.6
AÑOS CON DATOS	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
<b>TEMPERATURA MINIMA</b>													
NORMAL	1.0	2.0	4.4	7.0	8.9	10.4	10.3	10.3	10.1	7.5	4.2	2.2	6.5
MINIMA MENSUAL	-3.4	-1.9	1.0	4.4	7.0	7.6	9.0	8.3	7.7	2.8	1.0	-1.0	
AÑO DE MINIMA	1986	1976	1989	1989	1998	1982	1986	1982	1975	1979	1988	1975	
MINIMA DIARIA	-11	-10	-7	-2	2.5	2	3	4	-2	-3.5	-7	-8.5	
FECHA MINIMA DIARIA	13/1986	24/1976	10/1989	10/1983	20/1998	04/1982	03/1980	06/1982	27/1979	24/1999	29/1999	15/1997	
AÑOS CON DATOS	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
<b>PRECIPITACION</b>													
NORMAL	8.8	7.2	13.1	28.3	52.3	106.7	120.9	98.7	89.1	47.9	12.3	7.4	592.7
MAXIMA MENSUAL	51.1	36.1	56.8	87.8	113.5	209.2	285.5	199.4	189.9	125.8	44	35	
AÑO DE MAXIMA	1992	1992	2000	1981	1988	2000	1975	1976	1976	1976	1974	1979	
MAXIMA DIARIA	26.4	18.6	39	37.5	49	61	63.3	80	45.5	61	38	19.2	
AÑOS CON DATOS	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
<b>EVAPORACION TOTAL</b>													
NORMAL	95.9	128.4	195.5	188.2	178.7	146.4	122.3	115.9	102.3	100.3	85.3	79.1	1,538.3
AÑOS CON DATOS	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
NUMERO DE DIAS CON LLUVIA	2.1	2.4	2.8	5.7	9.1	12.3	16.3	14.2	12.4	6.8	3.1	1.9	89.1
AÑOS CON DATOS	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
NIEBLA	1.4	0.9	0.7	0.2	0.8	0.6	1.4	1.4	1.4	2.9	1.7	1.8	15.2
AÑOS CON DATOS	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
GRANIZO	0.1	0	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0.5
AÑOS CON DATOS	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
TORMENTA E.	0.3	0.4	0.5	1.5	2.4	2.5	3.2	2.6	1.6	0.6	0.4	0	16
AÑOS CON DATOS	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	

Por otro lado, las precipitaciones en la Presa Requena han variado entre 69.2 mm y 120.7 mm, teniendo como precipitación anual 558.7 mm y en Tepeji se han registrado precipitaciones entre 7.2 mm a 120.9 mm con 592.7 mm anuales; el sitio de estudio se localiza a 3 km de la estación meteorológica de la Presa Requena y a 2 km de El Salto. En general, la calidad del aire es buena, sin embargo, se reportaron olores derivados del río El Salto y del canal Tlamaco, por lo que el viento arrastra el olor a largas distancias.

**Fenómenos climatológicos**

**Heladas.** De acuerdo con la distribución climática, las frecuencias menores de este fenómeno (0-5 días con heladas), cubren aproximadamente el 20% del estado en los meses de diciembre y enero, período de posible ocurrencia de heladas.

En el caso de los climas templados y semifríos, se aprecian rangos de 40 a 60 días, principalmente al sur del estado, asociados a temperaturas medias de 12 a 14 °C y mínimas promedio entre 8 y 9 °C durante el último y primer mes del año.

También en esta zona se presentan las mayores incidencias de heladas de la entidad, en áreas muy locales, con altitudes superiores a los 2,000 m y en donde las frecuencias son de más de 80 días en la estación invernal, sobre todo en diciembre y enero.



**Granizadas.** Este fenómeno se presenta con más frecuencia en las zonas con climas templados y semifríos del estado, los índices van de 2 a 4 días y en las partes más elevadas llegan hasta seis días; su ocurrencia es generalmente durante el mes de mayo, por lo que se asocia a las primeras precipitaciones.

#### **IV.2.1.2 Geología y geomorfología**

El predio del proyecto se localiza en el municipio de Atotonilco de Tula, dentro de los límites del Valle del Mezquital, este se caracteriza por ser un territorio del altiplano con las características y rasgos propios de esta región de Hidalgo, cuya fisiografía corresponde con una extensa área de lomeríos suaves que abarca el 75 % de su extensión y el 25 % por llanuras de piso rocoso.

El terreno donde se construirá el proyecto cuenta con dos áreas bien definidas: una relativamente plana, entre el río El Salto y la vía de ferrocarril con una superficie de 38 has. y un área de lomeríos entre la vía de ferrocarril y el lindero noreste del predio, con una superficie de 135 ha.

El sitio donde se construirá la planta se encuentra el portal de salida del actual Emisor Central y se ubicará la descarga del nuevo Túnel Emisor Oriente (TEO). La cota de plantilla del Canal Salto-Tlamaco es la 2102 msnm y las elevaciones de la parte plana del predio de la planta varían, aproximadamente, entre 2105 msnm, en la margen del río El Salto y 2120 msnm en la vía del ferrocarril. En las partes altas del predio la elevación llega a los 2210 msnm. De la parte más alta del predio se derivan tres escurrimientos naturales, uno hacia el oriente, el segundo al norte y el tercero al poniente. Cabe señalar que aunado a estos escurrimientos, la agricultura y la desaparición de la vegetación natural han propiciado una erosión principalmente hídrica del suelo.

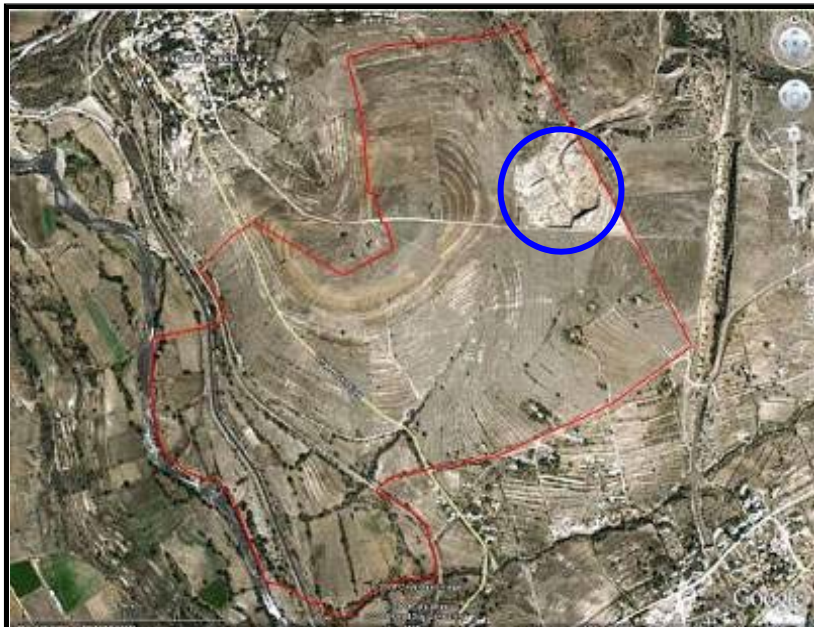
La topografía del predio se verá afectada principalmente en las partes altas (al este y noreste del predio, ya que es aquí donde se realizarán movimientos de terracería para la acumulación de lodos residuales.

**Geología.** En la zona de estudio predomina la roca de tipo caliza, que es el tipo más común de roca sedimentaria, es por eso que en estas partes abundan las canteras que son similares a las minas a cielo abierto, la diferencia es que los materiales extraídos suelen ser minerales de construcción (granito, caliza, arenisca o roca basáltica). Según el INEGI, en la zona de estudio se hayan suelos del cuaternario (Q (Su)) y roca ígnea extrusiva del terciario (T (le)).

En la parte noreste del predio se localiza un antiguo banco donde se puede observar claramente que se realizaba la extracción de roca caliza.



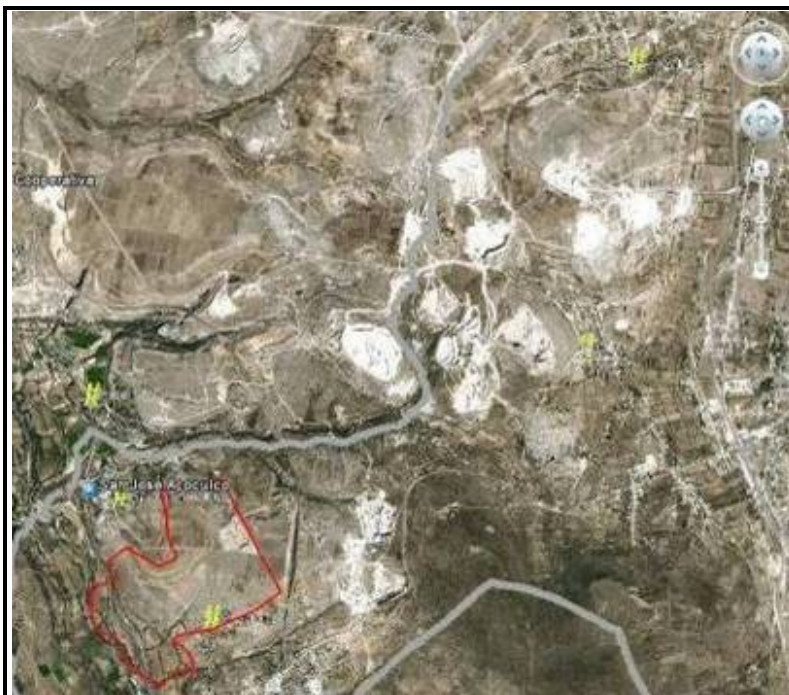
**Localización de antiguo banco de extracción de roca caliza en la zona de estudio**



### **IV.2.1.3 Suelos**

El tipo de rocas que predomina son las sedimentarias, dando forma a las llanuras y lomeríos, y que son en orden de importancia las de origen volcanoclástico, areniscas, lutitas, conglomerados y las calizas, son tan importantes para el desarrollo minero- industrial de la región ya que son explotadas como bancos de material por las cementeras allí ubicadas.

**Ubicación de bancos de material cercanos a la zona de estudio**



Los minerales no metálicos tienen una producción sobresaliente, la caliza antes mencionada tiene un amplio uso en diferentes formas (cal y arcilla). Así es notable la aplicación que de este material se hace en las plantas de cementos Tolteca y Cruz Azul, que tienen grandes instalaciones en Tula de Allende y Atotonilco de Tula.

La zona de estudio está formada principalmente por tres tipos de suelo: Pheozem, Leptosol y Rendzina. Las partes norte y sur se conforman fundamentalmente por suelos de tipo Pheozem, donde existe vegetación natural de matorral crasicaule con vegetación secundaria, son suelos abundantes, y están situados en terrenos planos, que se utilizan para la agricultura de riego y temporal, con altos rendimientos.

El Leptosol abarca gran parte de esta área, principalmente en las partes altas, estos terrenos no son aptos para ningún desarrollo de cultivo, ya que es muy susceptible a la erosión, lo que fue comprobado en los recorridos de campo.

En la figura se observa que en la parte este y noreste se encuentran bancos de calizas ( $\text{CaCO}_3$ ), bancos de arcilla, hornos de cal ( $\text{CaO}$ ) e importantes cementeras, las más cercanas a 850 m al oriente del predio. El pH de los suelos es de alrededor de 8 esto se debe al depósito de materiales producto de la erosión que sufre la caliza que existe en la zona. Los suelos son más delgados en la cercanía de las zonas montañosas y en algunos casos llegan a emerger el horizonte B del suelo (Caliche). Las laderas tienen suelos inmaduros y en la mayoría de los casos estos son muy someros, salvo en los lugares donde la topografía entre otros factores, permite su desarrollo. Así se encuentran los que se han originado sobre rocas ígneas, que son suelos arenosos de color pardo y los que provienen de calizas, son de color oscuro, más ricos en materia orgánica (González-Quintero, 1968).

Las unidades de suelo que se encuentran en el sitio donde se instalará la PTAR-Atotonilco son Leptosol y Feozem. Durante los recorridos en campo se pudo observar que el suelo en la zona de estudio sufre erosión hídrica, debido a que se localiza sobre una pendiente y a la cantidad de precipitación, además de que la cubierta vegetal ha sido retirada en la mayor parte del terreno. Las siguientes imágenes muestran el grado de erosión que sufre el suelo del lugar.

**Diferentes aspectos de erosión en donde se pretende asentar el proyecto**



a) Erosión hídrica en Leptosol muy intemperizado



b) Leptosol modificado por actividades antropogénicas



c) Antiguo banco de material



d) Zona de cultivo en la parte más alta del terreno

Como se aprecia en las imágenes, la erosión que sufre la zona de interés es de tipo hídrica ligera, la cual se debe principalmente al retiro de la cubierta vegetal para dar paso al cultivo de temporal.

#### IV.2.1.4 Hidrología superficial y subterránea

**Hidrología superficial.** El Estado de Hidalgo está incluido dentro de dos regiones hidrológicas de acuerdo a la clasificación de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) que son: la N° 26 del río Pánuco con una superficie 19 793.60 km<sup>2</sup> lo que representa el 94.7% del área estatal y la N°27 del Papaloapan con una superficie de 1 111.52 km<sup>2</sup> para un 5.3% (CNA, 1998).

##### Regiones y cuencas hidrológicas

REGION	CUENCA	SUPERFICIE EN (km <sup>2</sup> )
26 Pánuco	Río Tula	4 888.26
	Río de las Avenidas	2 531.92
	Río Moctezuma	11 079.44
	Río San Juan	1 293.98
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>19 793.60</b>
27 Papaloapan	Río Tuxpan	846.92
	Río Cazonces-Tecolutla	264.60
<b>SUBTOTAL</b>	<b>1 111.52</b>	
<b>TOTAL</b>		<b>20 905.12</b>

Administrativa e hidrológicamente el Estado de Hidalgo cuenta con seis cuencas hidrológicas.

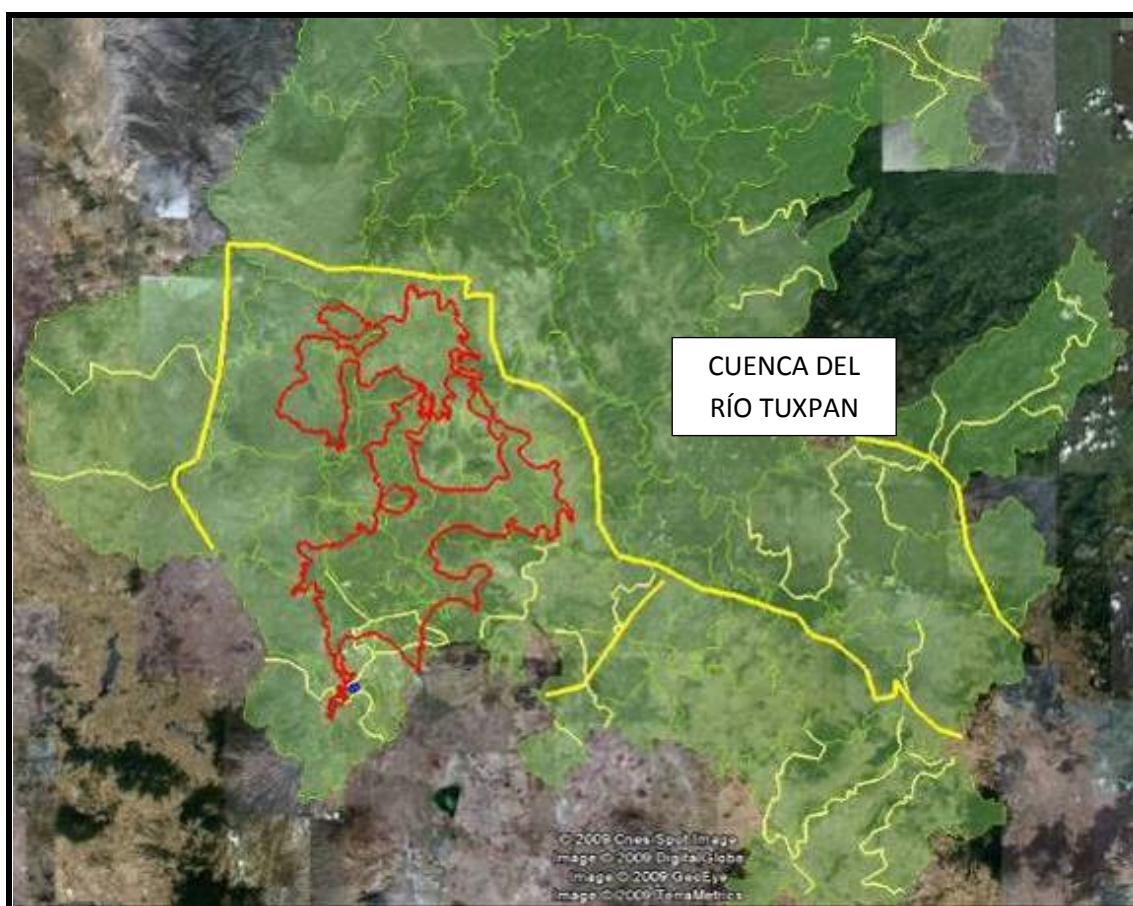


**Principales cuencas hidrológicas**

CUENCA	SUP. ADMVA. (km <sup>2</sup> )	% DE LA SUP. TOTAL	USOS DEL TERRITORIO (km <sup>2</sup> )						
			AGRÍCOLA	PASTIZAL	BOSQUE O SILVICOLA	CUERPOS DE AGUAS	URBANA	INDUSTRIAL	OTROS
Río Tula	5 369.4	25.6	1 766.0	210.0	133.0	73.9	274.5	97.3	2 814.7
Río Avenidas	2 671.5	12.7	1 188.5	0.0	554.7	14.7	69.8	8.7	835.2
Río Moctezuma	10 400.3	49.7	2 411.4	585.4	3 358.0	91.1	189.3		3 765.0
Río San Juan	1 444.8	6.9	425.8	0.6	45.0	27.6	10.7		935.1
Río Tuxpan	820.0	3.9	199.7	167.0	403.7		8.6		41.0
Río Cazones Tecolutla	199.1	0.9	70.8	2.5	113.5	0.1	12.3		
ESTATAL	20 905.1	100.0	6 062.2	965.5	4 607.9	207.4	565.2	106.0	8 391.0

Como se observa en la Figura siguiente, se presenta el área de influencia hidrológica de la PTAR (línea roja que delimita la zona de riego del Valle del Mezquital), y su ubicación con respecto a la cuenca del río Tula, la cual se describe a continuación:

**Cuencas hidrológicas (División hidrológica)**



**Cuenca del río Tula.** Está formada por las subcuencas Alfajayucan, Tula, El Salto y Salado, ocupa el segundo lugar de la entidad en cuanto a su superficie hidrológica que abarca un 23% del área; su colector principal es el río Tula, que nace en la sierra de la Catedral Estado de México en el parteaguas con la cuenca del río Lerma, inicia su recorrido con dirección norte hasta la población de Ixmiquilpan, donde cambia su curso hacia el noroeste para después desembocar en el río San Juan, lugar donde se construyó la presa hidroeléctrica Zimapán y a partir de este punto recibe la denominación de río Moctezuma que es el límite entre Querétaro e Hidalgo.

Esta cuenca reviste gran importancia tanto por su extensa superficie y la cantidad de afluentes que la alimentan, como por los distritos de riego a ella asociados, entre los cuales destacan: el Alfajayucan (DR100) y el de Tula (DR003) ubicado en la porción suroeste del estado y que se abastece de los ríos San Luis, Tepeji, El Salto, Tula y de los volúmenes de agua almacenada en las presas Taxhimay del Estado de México y Requena y Endhó en Hidalgo.

Las principales corrientes en esta área sufren una fuerte contaminación asociada a los desechos industriales y urbanos o bien aguas residuales provenientes de la Ciudad de México y las descargas de aguas negras municipales.

En segundo lugar se considera la red principal de drenaje del río Tula, que tiene como principales ríos: El Salto, El Salado, Alfajayucan e Ixmiquilpan que corresponde a un régimen de escurrimiento perenne.

El Salto se localiza en la porción suroeste de la cuenca del río Tula y recibe las aportaciones de parte de las aguas residuales de la Ciudad de México, provenientes del Emisor Poniente a través del Tajo de Nochistongo, pasando por las presas de Taxhimay, Requena y Endhó.

El río Salado se localiza en el extremo sureste de la cuenca del río Tula y recibe los aportes del Gran Canal de desagüe de la Ciudad de México pasando por los túneles de Tequixquiac en el límite de los Estados de México e Hidalgo.

El río Alfajayucan se localiza en el noreste de la cuenca del río Tula, el cual une durante su recorrido a las presas Javier Rojo Gómez y Vicente Aguirre.

El río Ixmiquilpan se localiza en el extremo norte de la cuenca del río Tula, incluye los ríos Chicavasco y principalmente el río Tula, desde la confluencia de los ríos el Salto y Salado, hasta su confluencia con el río Moctezuma (CNA, 1997).

En dicha cuenca se registra una precipitación máxima de 1267.50 mm, una media anual de 497.5 mm y una mínima 110.5 mm, (período 1970-1995), siendo los meses de lluvia de mayo a septiembre y los de estiaje de octubre a abril, el 13.5% del volumen precipitado en el Estado se concentra en esta cuenca (INEGI, 1992 y CNA, 1998).

El coeficiente de escurrimiento que mayormente se presenta en la cuenca es de 5 a 10% y ocupa un 70% de su superficie lo que le otorga características de semiseca, un 25% localizado al oeste presenta un coeficiente de 10 a 20% y el restante 5% de la superficie es de 0 a 5%. Esto debido a que en la zona se registran lluvias menores a 700 mm anuales



y en general son superficies medianamente permeables.

De acuerdo a la información contenida en las cartas hidrológicas de INEGI, en esta cuenca se tiene una red de estaciones hidrométricas que reportan entre otros datos, el volumen medio anual, gasto medio anual y los gastos extremos; las estaciones que reportaron los máximos volúmenes anuales escurridos fueron las de Boquilla Tecolotes e Ixmiquilpan P. C. ambas sobre el río Tula y La Mora en el río El Salado con 355,326 y 433 Mm<sup>3</sup> durante los períodos 1945-1970 y 1938-1970 respectivamente. De ahí la importancia que existe el contar con una gran cantidad de obras de almacenamiento que pretenden captar el mayor volumen de escurrimientos, en donde destacan las siguientes: Endhó, Requena, Taxhimay, Vicente Aguirre, Rojo Gómez, Milpa Grande, Debodhé, El Marqués, El Durazno, Peña Alta, Rancho Nuevo, El Grande, El Rodeo, El Yathe y Julián Villagrán.

Los municipios ubicados en la cuenca del río Tula son: **Tepeji del Río, Atotonilco de Tula, Tula de Allende**, Tlaxcoapan, Atitalaquia, Ajacuba, Tetepango, Tlahuelilpan, Tezontepec de Aldama, Tepetitlán, Mixquiahuala, Alfajayucan, Chilcuautila, Progreso, Francisco I. Madero, San Salvador, Tasquillo, Chapantongo, San Agustín Tlaxiaca, El Arenal, Actopan, Santiago de Anaya, Ixmiquilpan, Cardonal (los marcados en negritas son los más cercanos al lugar donde se instalara la PTAR).

**Principales embalses de la cuenca del Río Tula**

CUENCA	EMBALSES				USOS PRINCIPALES
	NOMBRE	SUPERFICIE DE CAPTACIÓN(ha)	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO		
			TOTAL (Mm <sup>3</sup> )	UTIL (Mm <sup>3</sup> )	
Río Tula	Canguihuindo		0.2		Riego
	Chapultepec		0.3	0.3	Riego
	Debodhe	97.0	7.8	5.6	Riego
	Dolores		0.0	0.0	Riego
	El Durazno	65.0	2.6	2.3	Riego
	El grande		0.7	0.5	Riego
	El Rodeo	15.0	0.6	0.5	Riego
	El Yathe		0.6	0.5	Riego
	Endhó	1.263.9	182.9	138.5	Riego
	J,Rojo Gómez	320.0	50.0	32.0	Riego
	Julian Villagran		2.0	1.9	Riego
	La Estanzuela		0.0	0.0	Agua Potable
	La Union		0.2	0.1	Riego
	Milpa Grande	15.0	1.7	1.6	Riego
	Peña Alta	45.0	3.0	2.8	Riego
	Rancho Nvo.	38.0	1.1	1.0	Riego
	Requena	727.0	52.4	52.4	Riego
	S,J, El Marques	95.0	32.5	27.5	Riego
	San Marcos		0.2	0.2	Riego
	Taxhimay	400.0	49.3	42.7	Riego
Vicente Aguirre	326.0	20.6	20.2	Riego	

Dentro del Estado existen más de 300 obras de almacenamiento (naturales y artificiales) entre presas, bordos, lagunas, jagüeyes y obras de pequeña irrigación, entre los que destacan: al centro suroeste las presas Javier Rojo Gómez y Vicente Aguirre con una superficie inundable de 320.0 ha (3.2 km<sup>2</sup>) y 326.0 ha (3.26 km<sup>2</sup>) y una capacidad de almacenamiento de 50.0 Mm<sup>3</sup> y 20.62 Mm<sup>3</sup> respectivamente, utilizadas para riego; al suroeste, la presa Requena y la presa Endhó con una superficie inundable de 727.0 ha (7.27 km<sup>2</sup>) y 1,263.9 ha (12.63 km<sup>2</sup>) con una capacidad de almacenamiento de 52.42 Mm<sup>2</sup> y 182.90 Mm<sup>2</sup> respectivamente, que junto con el río Tula forman parte del distrito de riego No 03 Tula beneficiando a más de 80,000 hectáreas; y al oeste, la presa Zimapán y Francisco I. Madero con una superficie inundable de 2,180.0 ha. (21.8 km<sup>2</sup>) y 267.0 ha (2.67 km<sup>2</sup>) con una capacidad de almacenamiento de 1,390.0 Mm<sup>3</sup> y 25.0 Mm<sup>3</sup> respectivamente, utilizándose para generación de energía eléctrica y riego.

El balance hídrico superficial a nivel estatal denota que existe disponibilidad de agua a pesar de que se ve grandemente disminuida, por los problemas de infiltración, azolve y reproducción de lirio acuático en los embalses, lagunas, etc. Ese balance favorable resulta de la diferencia entre el volumen promedio anual de escurrimiento superficial renovable que es de 4,565.33 Mm<sup>3</sup> más el volumen promedio de retorno utilizable que es de 53.5297 Mm<sup>3</sup> más el volumen promedio importado que es de 1,589.87 Mm<sup>3</sup> y los volúmenes medios anuales correspondientes a usos consuntivos (3,227.755 Mm<sup>3</sup>) y la evaporación en los vasos (93.05 Mm<sup>3</sup>) lo que finalmente nos da un balance de agua positivo de 2,887.9247 Mm<sup>3</sup> anuales.

**Balance hídrico de las aguas superficiales**

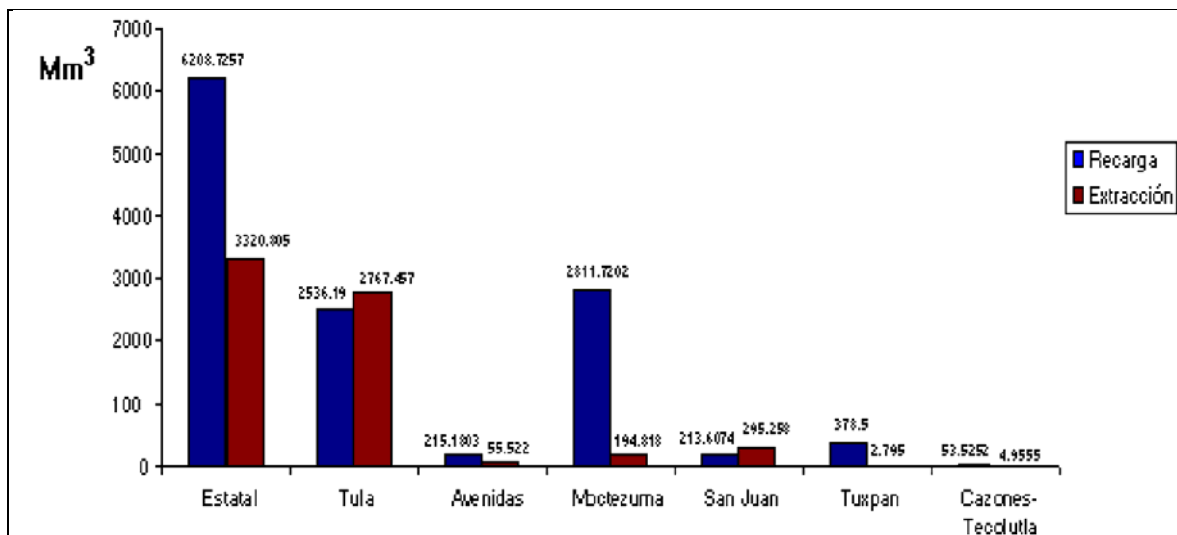
CUENCA HIDROLÓGICA	SUPERFICIE (km <sup>2</sup> )	PRECIPITACIÓN (Mm <sup>3</sup> )	DISPONIBILIDAD HIDRAULICA (Mm <sup>3</sup> )					BALANCE
			ESCURRIMIENTO	RETORNO UTILIZABLE	IMPORTACIÓN	EXTRACCIÓN PARA USOS CONSUNTIVOS	EVAPORACIÓN EN VASOS	
Tula	4724.5	2431.9	982.3	38.8	1 515.0	2 724.5	42.8	-231.2
Avenidas	2671.4	1227.5	207.0	8.1		41.0	14.5	159.6
Moctezuma	11045.0	11907.5	2 806.7	5.01		179.6	15.1	2 616.9
San Juan	1444.8	685.1	137.2	1.4	74.8	277.7	17.5	-81.6
Tuxpan	820.0	1480.4	378.5	0.0		2.7	0.0	375.7
Cazones – Tecolutla	199.2	244.9	53.5	0.0		2.1	2.8	48.5
Estatad	20905.1	17977.7	4 565.3	53.5	1 589.8	3 227.7	93.0	2 887.9

Sin embargo, a nivel de cuenca el resultado es negativo para la cuenca del río Tula con – 231.26 Mm<sup>3</sup> y para la cuenca del río San Juan con –81.65 Mm<sup>3</sup> debido principalmente a la extracción de importantes volúmenes para usos consuntivos (CNA, 1998).

**Calidad de las aguas en los ríos principales de la cuenca del Río Tula**

CUENCA	RÍO	INDICE DE CALIDAD DEL AGUA	CONTAMINACIÓN PREDOMINANTE	FUENTE DE CONTAMINACIÓN	USOS AFECTADOS
Tula	Río Tula	4	Mat, orgánico, cobre, zinc, bacterias, detergentes, fenoles disueltos	Descargas municipales Refinería de Pemex y termoeléctrica	Agrícola y acuícola
	Río Salado	3	Zinc, cobre, material orgánico, bacterias	Descargas Municipales	Agrícola y acuícola
	Río Tepeji	3	Zinc, material orgánico y bacterias	Descargas Municipales, Textiles, alimentos y metal mecánica,	Agrícola y acuícola

**Balance hídrico de las aguas superficiales**



De la evaluación realizada por la Comisión Nacional del Agua en 1995 y 1996 para conocer la calidad del agua en las seis cuencas de la entidad y sobre la base del análisis de 38 parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, se obtuvo que la cuenca del río Tula es la más contaminada desde sus inicios en los ríos Salado, el Salto, Tula y el Emisor Profundo y desde los límites del Estado de México hasta su confluencia con el río Moctezuma, la contaminación predominante es: materia orgánica, cobre, zinc, bacterias, detergentes y fenoles disueltos con un Índice de Calidad del Agua de 4 (fuertemente contaminada). La fuente de contaminación principal proviene de la descarga de aguas residuales de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, de las descargas municipales de Hidalgo y también de la refinera de PEMEX y otras industrias, lo que ocasiona afectaciones a la salud, a la agricultura y a la acuicultura principalmente.

**Calidad de las aguas en las presas de la cuenca del Río Tula**

CUENCA	EMBALSE O LAGUNA	TIPO DE CONTAMINACIÓN PREDOMINANTE	FUENTE DE CONTAMINACIÓN	USOS AFECTADOS
Tula	Presa Zimapán	Sulfatos y bacterias	Desechos municipales e industriales	Acuícola, agrícola
	Presa Requena	Material orgánico, grasa y aceite	Industria textil y descargas municipales	Acuícola, agrícola y hortal
	Presa Endhá	Material orgánico	Descargas municipales e industriales	Acuícola, agrícola y hortal

El Valle del Mezquital es una región caracterizada por su aridez pese a contar, en sus partes planas, con grandes superficies de riego que aprovechan las aguas del río Tula y que posibilitan una abundante producción de alfalfa y hortalizas. En la Tabla se muestran los principales aportadores de agua al río El Salto, los cuales nacen en la región sureste.

La superficie beneficiada con el riego se distribuye en 17 municipios que son: Actopan, el Arenal, Ixmiquilpan, San Salvador, Francisco I. Madero, Santiago de Anaya, Mixquiahuala, Progreso, Chilcuautla, Atitalaquia, Atotonilco de Tula, Tepetitlán, Tetepango, Tezontepec, Tlahuelilpan, Tlaxcoapan y Tula de Allende; con una superficie de riego de 50 131 ha.

El río El Salto, recibe tanto las descargas domésticas e industriales, como los escurrimientos pluviales del Valle de México, en donde se reporta un régimen de lluvia de cerca del 75% de la precipitación anual que ocurre en solo 5 meses del año. Derivado de esto, la calidad de aguas residuales que recibe el río El Salto presenta fuertes fluctuaciones estacionales.

**Fluctuaciones en calidad de las aguas residuales en El Salto**

Parámetro	Unidad	El Salto		
		Secas	Lluvias	Anual
Temperatura	°C	16 a 23		
pH	UpH	7.0 a 8.5		
Sólidos suspendidos totales	mg/l	250	400	313
Sólidos suspendidos volátiles	mg/l	150	250	192
DBO5 total	mg/l	250	200	229
Nitrógeno total de Kjeldhal	mg/l	40	25	38
Fósforo total	mg/l	12	10	11
<b>Grasas y aceites</b>	mg/l	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>14</b>
<b>Sulfuros</b>	mg/l	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>8</b>
Coliformes fecales	NMP/100 ml	6.00E+06	1.00E+08	
Huevos de helminto (totales)	U/l	4 a 10		

Con base en la tabla siguiente, se puede realizar la comparación entre la calidad de las aguas que contiene el río Salto y aquellas que se encuentran dentro de los parámetros establecidos oficialmente.

**Normas de calidad en la descarga**

Parámetro	Unidades	Promedio mensual	promedio diario
Grasas y aceites	mg/l	15	25
Sólidos Sedimentables	mg/l	1	2
Sólidos suspendidos totales	mg/l	40	60
DBO5	mg/l	30	60
<b>Nitrógeno total</b>	<b>mg/l</b>	<b>15</b>	<b>25</b>
<b>Fósforo total</b>	<b>mg/l</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1,000	2,000
Huevos de helminto	#/l	1	1
Cadmio total	mg/l	0.1	0.2

**Hidrología subterránea.** Las formaciones geológicas de la zona de estudio y su área de influencia varían litológicamente y poseen características hidrogeológicas diferentes entre sí; esto ha creado una secuencia de acuíferos en diferentes áreas así mismo, las características hidrogeológicas están gobernadas por la estructura de las rocas, las fallas geológicas, y la permeabilidad y porosidad de los diferentes depósitos, debido a la baja disponibilidad de aguas superficiales, el aprovechamiento de aguas subterráneas reviste mayor importancia, siendo en algunas zonas el único recurso disponible para satisfacer las crecientes demandas provocadas por el desarrollo que va experimentando la entidad.

Las regiones montañosas son la fuente principal de recarga de los mantos acuíferos. En estos últimos se ubica una infraestructura subterránea de 1,550 aprovechamientos de los cuales 1,110 son pozos profundos y 440 son norias, mediante ellos se extrae un volumen anual de 659.8 Mm<sup>3</sup>, que son utilizados para uso agrícola en un 44%, público un 18%, industrial un 11%, generación de energía eléctrica un 2% y otros usos el 25%.

La cuenca con mayor número de aprovechamientos es la del Río Tula con un total de 544 obras que representan el 35% del total estatal (1,550 obras), así mismo, en esta cuenca la mayor parte se concentra en el acuífero Valle del Mezquital con 204 obras. En cuanto a los niveles de extracción, la cuenca del Río Tula es donde se da la mayor explotación de las aguas subterráneas con 295.65 Mm<sup>3</sup> que representa el 45% del volumen extraído a nivel estatal (656.4 Mm<sup>3</sup>). De igual manera tenemos que el acuífero con mayor extracción es el del Valle de Mezquital con 203.40 Mm<sup>3</sup>.

**Infraestructura de aguas subterráneas en la cuenca del Río Tula**

CUENCA	ACUÍFERO	N° DE OBRAS	EXTRACCIÓN TOTAL (Mm <sup>3</sup> /año)	N° DE OBRAS Y EXTRACCIÓN POR USOS (Mm <sup>3</sup> /año)									
				AGRÍCOLA		PUB. URB. Y RURAL		INDUSTRIAL		GEN. DE ENERGÍA		OTROS	
				N° OBRAS	Mm <sup>3</sup> /año	N° OBRAS	Mm <sup>3</sup> /año	N° OBRAS	Mm <sup>3</sup> /año	N° OBRAS	Mm <sup>3</sup> /año	N° OBRAS	Mm <sup>3</sup> /año
Tula	Astillero	3.00	2.5	1	1.0	2	1.5	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	Tepeji del Río	75.00	15.0	31	4.5	14	4.0	22	6.0	0	0.0	8	0.0
	Valle del Mezquital	204.00	203.4	29	29.0	39	48.0	72	36.0	18	60.6	46	29.9
	Ajacuba	25.00	6.6	4	2.0	5	3.0	0	0.0	0	0.0	16	1.0
	Ixmiquilpan-Tasquillo	45.00	18.2	21	10.5	15	5.2	5	1.5	0	0.0	4	1.0
	Actopan-Stgo. de Anaya	163.00	43.2	105	26.5	38	15.2	4	1.0	0	0.0	16	0.0
	Chapantongo-Alfajayucan	29.00	6.7	14	4.2	9	2.2	0	0.0	0	0.0	6	0.0

Esto se debe principalmente a la baja precipitación y por ser una de las áreas con mayor desarrollo socioeconómico, asimismo, en este acuífero se encuentra la principal fuente de aguas subterráneas, cuya recarga se incrementó notablemente al iniciarse el riego con agua superficial (Tabla Calidad de Agua en Acuíferos). Puesto que la explotación mediante pozos es todavía reducida, el acuífero descarga la mayor parte de su alimentación a través del cauce del río Tula y de numerosos manantiales. Desde hace algunos años la extracción de agua del subsuelo se ha venido incrementando con el establecimiento de las industrias en la zona como lo son: la refinería de PEMEX y la Termoeléctrica de CFE, entre otras.

**Calidad de agua en acuíferos**

CUENCA	ACUÍFERO	TIPO DE CONTAMINACIÓN REDOMINANTE	FUENTE DE CONTAMINACIÓN	USOS AFECTADOS
Tula	Valle del Mezquital	Sólidos disueltos, nitratos y bacterias	Infiltración de agua residual	Agua potable
	Ajacuba	Nitratos,	Material orgánico y descargas domésticas	Agua potable
	Chapantongo Alfajayucan	Bacterias,	Material orgánico y descargas domésticas	Agua potable
	Tepeji del Río	Nitratos, sólidos disueltos, y baterias,	Infiltraciones de agua residual	
	Actopan	Nitratos y sólidos disueltos	Material orgánico y descargas domésticas	Agua potable
	Stgo. de anaya			
	Ixmiquilpan Tasquillo	Bacterias		



**Balance hidráulico de aguas subterráneas**

CUENCA	ACUÍFEROS EXISTENTES					CONDICIONES GEOHIDROLÓGICAS	CONDICIÓN ADMVA - LEGAL	USOS PRINCIPALES				
	NOMBRE	TIPO	RECARGA (Mm <sup>3</sup> /año)	EXTRACCIÓN (Mm <sup>3</sup> /año)	DISPONIBILIDAD (Mm <sup>3</sup> /año)			AGRÍCOLA	PECUARIA	PÚBLICO	INDUSTRIAL	OTROS
R. Tula			333.4	293.15	40.25							
	Tepeji del Río	Semiconfinado	16.5	15000	1.5	Sobreexplotado Localmente		x			x	
	Valle del Mezquital	Semiconfinado	231.7	203.4	28.3	Sobreexplotado	Veda Flexible	x	x	x	x	
	Ajacuba	Confinado	7.00	6.6	0.4	Sobreexplotado Localmente	Libre alumbramiento			x	x	
	Ixmiquilpan-Tasquillo	Semiconfinado	18.00	18.2	-0.2	subexplotado	Parcialmente veda Flexible			x		
	Actopan-Santiago de Anaya	Semiconfinado	53.20	43.2	10.00	Subexplotado	Parcialmente Veda Flexible			x		
	Chapantongo Alfajayucan	Semiconfinado	7.00	6.75	0.25	Subexplotado	Veda Flexible			x		

De acuerdo al Diario Oficial de la Federación del 31 de enero de 2003, en el que se publicó el acuerdo por el que se dan a conocer los límites de 188 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, los resultados de los estudios realizados para determinar su disponibilidad media anual de agua y sus planos de localización, se determinó que los acuíferos que pudieran afectarse por la operación de la PTAR Atotonilco son:

**1. Acuífero 1310 Valle del Mezquital**

Se localiza en la zona central de la cuenca, la recarga proviene principalmente del sur, aunque también recibe aportes del este y del oeste (CNA, 1997). Se trata de un acuífero de tipo semiconfinado, su condición geohidrológica es de subexplotación, ya que una gran parte de la recarga se debe al retorno de aguas producto del riego de esta región que se hace con las aguas negras provenientes del Distrito Federal en donde los niveles se recuperan paulatinamente y en algunos casos se han generado manantiales dentro de esta zona; La recarga calculada es de 231.7 Mm<sup>3</sup>/año y mediante 204 aprovechamientos se extraen 203.4 Mm<sup>3</sup>/año. Le corresponde una condición administrativa de veda flexible desde 1976.

Del total de los aprovechamientos existentes, el 14% son para uso agrícola, el 19% de uso público-urbano, el 35% de uso industrial, el 9% para generación de energía eléctrica y el 23 % restante a diversos usos (CNA, 1997 y 1998).

**2. Acuífero 1312 Ixmiquilpan**

Para este acuífero de tipo semiconfinado, la recarga proviene principalmente del oeste de las cumbres de Zapata, así como del sur por los escurrimientos del Río Tula Los abatimientos reportados por las curvas de nivel de igual elevación estática son bajos, del orden de -3 metros, se encuentra en una condición geohidrológica de equilibrio ya que la extracción debida a 45 pozos es de 18.2 Mm<sup>3</sup>/año y la recarga casi lo iguala, con 18.00 Mm<sup>3</sup>/año. Su condición administrativa es de veda parcialmente flexible desde 1970. El mayor porcentaje de aprovechamiento se utiliza en la agricultura con un 47%, en segundo lugar para uso público-urbano con 33%, posteriormente al uso industrial con un 11% y el restante 9% a usos diversos (CNA,1997 y 1998).

### 3. Acuífero 1313 Actopan-Santiago de Anaya

En este acuífero de tipo semiconfinado, se recibe la recarga del sur y del este, los niveles más elevados dentro del subsistema se encuentran en la región de Actopan, esto se debe a que la zona se encuentra adyacente a la del Valle del Mezquital y por estar topográficamente más bajo, el volumen que recibe de agua subterránea produce manantiales y pozos brotantes en la región del municipio de San Salvador (CNA,1997). Se encuentra en una condición geohidrológica de subexplotación, la recarga es mayor que la extracción 53 Mm<sup>3</sup>/año contra 43.2 Mm<sup>3</sup>/año.

En esta zona se localizan 163 aprovechamientos y está sujeto a una veda parcialmente flexible desde 1970. De los 163 aprovechamientos identificados, el 64% se destinan al uso agrícola, el 23% al uso público-urbano, el 10% a diversos usos y el 3 % a uso industrial, (CNA, 1997 y 1998).

La ubicación de estos acuíferos con respecto a la PTAR Atotonilco y su área de influencia pueden apreciarse en la Tabla 58. Las características para delimitar la Región Hidrológico-Administrativa XIII “Valle de México”, a la cual corresponden los acuíferos pertenecientes al estado de Hidalgo fueron: el comportamiento, la recarga, la descarga natural, las extracciones y el cambio de almacenamiento de los acuíferos, así como los volúmenes de agua subterránea inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua, y demás metodología establecida en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000 para determinar su disponibilidad media anual.

**Acuíferos ubicados en el Estado de Hidalgo**

CLAVE	UNIDAD HIDROGEOLOGICA	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DEFICIT
	(ACUÍFERO)	CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES					
1310	VALLE DEL MEZQUITAL	672.70	500.000	157.384189	203.4	15.315811	0.000000
1312	IXMIQUILPAN	78.00	57.000	0.331128	18.2	20.668872	0.000000
1313	ACTOPAN-SANTIAGO DE ANAYA	271.50	247.200	29.799258	26.5	0.000000	-5.499258
1319	TECOCOMULCO	27.80	0.520	0.012431	13.1	27.267569	0.000000
CLAVE	UNIDAD HIDROGEOLOGICA	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DEFICIT
	(ACUÍFERO)	CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES					
1320	APAN	99.30	0.000	7.853979	22.3	91.446021	0.000000

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales “3” y “4” de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000.

## IV.3 Aspectos bióticos

### IV.3.1 Vegetación terrestre

En ésta zona se presenta principalmente el matorral xerófilo, muy alterado en su composición florística por acción de la actividad agrícola y ganadera, el matorral que sobrevive entre los surcos de los cultivos en terraza (ahora abandonados) es del tipo subinermes, es decir, el 50 % de sus especies carecen de espinas.

La vegetación existente en el terreno de este estudio, es de cuatro clases, una es el matorral subinermes de *Prosopis laevigata* (mezquite) y *Acacia farnesiana* (huizache), el segundo es un matorral espinoso de *Opuntia* spp. (nopales) y huizache, en este se desarrollan plantas con espinas en un porcentaje mayor; el tercero es una vegetación secundaria de bosque de galería de sauces (*Salix humboldtiana* y *Salix babylonica*) en esta localidad se ha construido un canal de aguas negras paralelo al río El Salto, mismo donde se desarrollan arbustos de tipo secundario en sus márgenes, dominando la jarilla verde (*Senecio salignus*) con pocos individuos jóvenes de mezquite, pirúl y huizache.

A la orilla del río, se observan árboles grandes de sauce, fresno y pirúl además de arbustos como la jarilla y tabaquillo; la cuarta cobertura vegetal es el pastizal, tanto natural como inducido o cultivado, el pastizal natural se da en condiciones de clima templado subhúmedo con especies nativas derivadas de bosques de pino-encino existentes anteriormente como los pastos tipo banderita (*Bouteloua* spp.), tres barbas (*Aristida adscensionis*) y salado (*Muhlenbergia repens*): los inducidos, crecen en áreas de cultivo abandonados principalmente son poblaciones densas de *Hilaria cenchroides* donde el hombre interviene o en bosques talados con incendios frecuentes, se les encuentra en cualquier relieve, son pastos plantados para alimentación de ganado bovino, caprino y equino, se emplean de manera extensiva, mientras que el pastizal cultivado de pangola (*Digitaria decumbens*) y estrella africana (*Cynodon plectostachyum*) sostiene una ganadería intensiva.

**Tipos de vegetación y perfiles o estructura vertical de la vegetación.** Los cuatro tipos de vegetación presentes en el área de estudio se describen a continuación:

**1.- El matorral subinermes de *Prosopis laevigata* (mezquite) y *Acacia farnesiana* (huizache).** En ésta comunidad se representan pocas especies espinosas en su mayoría son leñosas inermes, se caracteriza por mantener una estructura de tres estratos o niveles de vegetación vertical, el nivel arbóreo con alturas de 3 a 8 metros con dominancia de mezquites con huizache y pirúl, mismos cuya distribución es muy abierta o espaciada; el segundo es el arbustivo, está bien desarrollado con plantas leñosas y varias de ellas presentan espinas, la altura de este estrato va de 1 a 2.5 m principalmente con nopales (*Opuntia* spp), manzanita (*Amelanchier denticulata*), escobilla (*Baccharis* spp.), granjeno (*Condalia mexicana*) y tepozanes o salvias de bolita (*Buddleia* spp.); un tercer estrato es el herbáceo con especies menores de 50 cm de altura, compuesto de varios pastos y hierbas como el nabo (*Eruca sativa*) y hierba del negro (*Sphaeralcea angustifolia*).

**Matorral subinerme de *Prosopis laevigata* (mezquite) y *Acacia farnesiana* (huizache)**

<b>Estrato I Arbóreo</b>	<b>Estrato II Arbustivo</b>	<b>Estrato III Herbáceo</b>
1.- <i>Prosopis laevigata</i> (Mezquite)	4.- <i>Opuntia</i> spp (nopales), y	7- Eruca sativa (nabo chico)
2.- <i>Acacia farnesiana</i> (Huizache)	5.- <i>Amelanchier denticulata</i> (manzanita)	8.- <i>Thithonia tubiformis</i> (Girasol)
3.- <i>Schinus molle</i> (Pirúl)	6.- <i>Condalia mexicana</i> (granjeno)	

**2.- Matorral espinoso de *Opuntia* spp. (nopales) y huizache (*Acacia farnesiana*).** Se distribuye entre los 2096 a los 2177 msnm sobre lomeríos y llanuras. Se desarrolla principalmente en clima semiseco y las poblaciones de especies espinosas es dominante en un 60 %, se caracteriza por presentar tres estratos, el arbustivo superior lo conforman plantas con alturas de 1.5 a 3 m los más comunes son *Acacia farnesiana*, *Celtis pallida*, *Buddleia* spp, *Senecio salignus* *Baccharis*. *Ferocactus latispinus*, *Lantana camara*, *Myrtillocatus geometrizans*, y *Opuntia* spp; el arbustivo inferior con arbustos bajos de 0.5 a 0.9 m de altura muy ramosos y extendidos como el granjeno (*Condalia mexicana*), biznaga (*Ferocactus* spp.), agritos (*Echinocactus* spp), *Dalea* spp, cenicilla (*Parthenium* spp) y tronadora (*Tecoma stans*); el estrato herbáceo con plantas pequeñas de 0.1 a 0.45 m de *Anoda cristata*, *Sida abutifolia*, zacatón (*Muhlenbergia* spp.), girasol (*Thithonia tubiformis*) y zacate galleta (*Hilaria cenchroides*) entre otras.

Por lo general estos matorrales espinosos se encuentran bastante perturbados, ya sea por desmonte o por ramoneo del ganado, los suelos de las áreas que lo sustentan se han transformado en terrazas para cultivo de avena forrajera y maíz, el único espacio cercano al terreno de estudio, es una peña donde aún existe una muestra de lo que parece ser la vegetación nativa donde aún quedan algunos ejemplares de órgano, colorín y garambullo que crecen sobre la ladera escarpada y entre las peñas. Entre los límites del terreno se observan montes de baja pendiente con algunos manchones de este matorral, también a los lados de escurrimientos o arroyos que llegan al río o cerca de la carretera, en éstas áreas se observan plantas muy escasas de la palma cucharilla, junquillo o espadín (*Dasylium acrotriche*) y cactáceas globosas como biznagas (*Ferocactus* spp. y *Coryphantha* spp), acebuchí o cactus de hábitos gregarios (*Mammillaria compressa*, *Echinocactus cinerascens* y *Echinocereus stramineus* var. *stramineus*).

**Matorral espinoso de *Opuntia* spp. (nopales) y huizache (*Acacia farnesiana*).**

<b>Estrato I Arbustivo superior</b>	<b>Estrato II Arbustivo inferior</b>	<b>Estrato III Herbáceo</b>
1.- <i>Acacia farnesiana</i> (Huizache)	6.- <i>Ferocactus</i> spp. (Biznaga)	11- Eruca sativa (nabo chico)
2.- <i>Celtis pallida</i> (Celtis)	7- <i>Condalia mexicana</i> (granjeno)	12.- <i>Thithonia tubiformis</i> (girasol)
3.- <i>Senecio salignus</i> (Jarilla)	8.- <i>Dasylium acrotriche</i> (Cucharilla)	13.- <i>Hilaria cenchroides</i> (zacate galleta)
4.- <i>Buddleia</i> spp.(Tepozán)	9.- <i>Brickellia eupatorioides</i> var. <i>rosmarinifolia</i> (Escobilla)	
5.- <i>Opuntia</i> spp (Nopales)	10.- <i>Mimosa biuncifera</i> (uña de gato)	

**3.- Bosque de galería o vegetación riparia de Sauce** (*Salix humboldtiana* o *S. babylonica*). Es la cubierta vegetal que se desarrolla a lo largo del río y del canal, son plantas que forman tres estratos el arbóreo con especies que miden de 4 a 15 metros de sauce y pirúl como estrato arbóreo, el estrato II o arbustivo formado de plantas leñosas con alturas de 2 a 4 metros de tepozán, tepozancillo, salvia de bolita, jarilla y tabaquillo. El tercer estrato es el herbáceo con 0.2 a 1.5 m de altura y lo forman varios pastos y malezas propias de cultivos o de zonas inundables.

**Bosque de galería o vegetación riparia de Sauce**

<b>Estrato I Arbóreo</b>	<b>Estrato II Arbustivo</b>	<b>Estrato III Herbáceo</b>
1.- <i>Salix spp.</i>	4.- <i>Amelanchier denticulata</i> (manzanita)	7- <i>Hilaria cenchroides</i> (pasto estrella)
2.- <i>Acacia farnesiana</i> (Huizache)	5.- <i>Senecio salignus</i> (Jarilla)	8.- <i>Thitonia tubiformis</i> (Girasol)
3.- <i>Schinus molle</i> (Pirúl)	6.- <i>Condalia mexicana</i> (granjeno)	

**4.- Pastizal,-** Se trata de comunidades constituidas por hierbas que conservan dos estratos el estrato herbáceo superior de hasta 1.5 metros con pastos amacollados de zacatón (*Muhlenbergia spp.*), falso bromo (*Bromus mexicanus*), y el estrato herbáceo inferior de 0.1 a 0.35 m de pastos nativos e introducidos.

**Diversidad.** De acuerdo con la metodología aplicada (ver anexo o capítulo VIII sobre metodología aplicada a este estudio), con apoyo de los sitios de muestreo y el material fotográfico y plantas recolectadas en el área de estudio se elaboró esta lista florística que refleja la diversidad o número de especies en la zona. De acuerdo con esto, se tiene un total de **116** especies dentro de los cuatro tipos de vegetación. Esta diversidad presenta la siguiente fisonomía, dominan las hierbas con 70 especies, arbustos en segundo lugar con 42 representantes y 4 árboles, de los anteriores 13 son ruderales, 90 son nativas, 12 son malezas y 1 es introducida pero naturalizada (pirúl) y de éstas sólo dos especies están en la NOM 059-SEMARNAT-2001 ambas son arbustos una es una monocotiledónea de la familia Nolinaceae es la llamada cucharilla, junquillo o espadín (*Dasyllirion acrotriche*) y el colorín (*Erythrina coralloides*) ambas con la calificación de amenazadas (A) una es endémica y la otra no endémica de la región.

**Diversidad de la vegetación en el área del proyecto**

<b>FAMILIA</b>	<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>FISONOMÍA</b>	<b>ESTATUS</b>
Agavaceae	<i>Agave atrovirens</i> Karw.	Agave o maguey	Ab	Nativa
Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L.	Heno motita	H	Nativa
Nolinaceae	<i>Dasyllirion acrotriche</i> (Schiede) Zucc.	Junquillo o cucharilla	Ab	<b>Nativa A Endémica</b>
Cyperaceae	<i>Carex xalapensis</i> Kunth	Popotillo	H	Nativa
Poaceae o Gramineae	<i>Aegopogon tenellus</i> (DC.) Trin.	Pajón del río	H	Nativa
	<i>Aristida adscensionis</i> L.	Tres barbas	H	Nativa
	<i>Avena fatua</i> L.	Avena loca	H	Ruderal
	<i>Bouteloua barbata</i> Langsd.	Navajita barbada	H	Nativa
	<i>Bouteloua gracilis</i> Lag.	Banderita	H	Nativa
	<i>Bouteloua radicata</i> Kunth.	Banderita	H	Nativa



**Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Particular “Construcción y Operación del Proyecto Denominado la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR Atotonilco”**

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FISONOMÍA	ESTATUS
	<i>Bromus mexicanus</i> (Roem Y Schult.) Link	Falso Bromo	H	Nativa
	<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	Zacate Bufel	H	Nativa
	<i>Chloris virgata</i> Sw.	Pata de gallo	H	Nativa
	<i>Cynodon dactylon</i> ( L.) Pers.	Zacate bermuda	H	Ruderal
	<i>Cynodon plectostachyus</i> (K. Schum) Pilges.	Estrella africana	H	Nativa
	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	Pata de grulla	H	Nativa
	<i>Dasyochloa pulchella</i> (HBK) Willd.	Zacate borreguero	H	Nativa
	<i>Digitaria decumbens</i> Hitchc.	Pangola	H	Ruderal
	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertner	Pata de ganzo	H	Nativa
	<i>Enneapogon desvauxii</i> Desv. ex Beauv.	Pasto ladera	H	Nativa
	<i>Eragrostis cilianensis</i> Link	Zacate apestoso	H	Nativa
	<i>Hilaria cenchroides</i> HBK.	Zacate galleta	H	Nativa
	<i>Lycurus phleoides</i> HBK.	Zacate lobero	H	Nativa
	<i>Muhlenbergia montana</i> (Nutt.) Hitchc.	Liendrilla de la montaña	H	Nativa
	<i>Muhlenbergia repens</i> (Pres.l) Hitchc.	Salado	H	Nativa
	<i>Rhynchelytrum roseum</i> Stapf y C.E. Hubb Bews ex Backeb	Cola de Zorra o Rosilla	H	Nativa
	<i>Sporobolus pyramidatus</i> (Lam.) Hitchc.	Pasto niño	H	Nativa
	<i>Tridens pilosus</i> (Buckley) Hitchc.	Tridente	H	Nativa
Liliaceae	<i>Anthericum stenocarpum</i> Baker	Cebollina o Iris	H	Nativa
Acanthaceae	<i>Ruellia hirsuto-glandulosa</i> (Oersted) Hemsley	Atlón	H	Nativa
Amaranthaceae	<i>Iresine schaffneri</i> S.Watson	Romerillo	H	Nativa
Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i> L.	Pirúl	Ar	Introducida
Asteraceae o Compositae	<i>Ambrosia polystachya</i> L.	Estafiate	H	Ruderal
	<i>Artemisia mexicana</i> Willd.	Amargosa	H	Ruderal
	<i>Baccharis conferta</i> HBK.	Hierba del carbonero	Ab	Nativa
	<i>Brickellia eupatorioides</i> (L.) Schinners var. <i>rosmarinifolia</i> Vent.	Escobilla	Ab	Nativa
	<i>Brickellia veronicifolia</i> (H.B.K.) A. Gray	Orégano de monte	Ab	Nativa
	<i>Dyscritothamnus filifolius</i> Robinson		H	Nativa
	<i>Erigeron scaposus</i> DC.	Margarita	H	nativa
	<i>Brachycome mexicana</i> A Gray		H	Nativa
	<i>Cosmos bipinnatus</i> HBK.	Mirasol o Dalia	H	Ruderal

**Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Particular “Construcción y Operación del Proyecto Denominado la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR Atotonilco”**

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FISONOMÍA	ESTATUS
	<i>Helenium mexicanum</i> H.B.K.		H	Nativa
	<i>Montanoa tomentosa</i> Cerv.	Zoapatle	Ab	Nativa
	<i>Parthenium incanum</i> HBK.	Mariola	H	Nativa
	<i>Parthenium stramonium</i> DC.	Cenicilla	H	Nativa
	<i>Porophyllum tagetoides</i> (H.B.K.) DC.	Pápaloquelite	H	Ruderal
	<i>Senecio salignus</i> DC.	Jarilla	Ab	Nativa
	<i>Thithonia tubiformis</i> (Jacq.) Cass.	Girasol	H	Maleza
	<i>Viguiera excelsa</i> (Wild.) Benth & Hook.	Raíz del manso	Ab	Nativa
	<i>Zaluzania triloba</i> Schultz	Jediondilla	H	Maleza
	<i>Zexmenia lantanifolia</i> (Schauer) Sch. Bip.		H	Nativa
	<i>Zinnia peruviana</i> (L.) L.	Mal de ojo	H	Nativa
Asclepiadaceae	<i>Asclepias notha</i> W.D. Stevens		H	Maleza
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. Ex Kunth	Tronadora	Ab	Nativa
Cactaceae	<i>Coryphantha nickesae</i> Engelm.	Corifante	Ab	Nativa
	<i>Coryphantha erecta</i> Lem.	Biznaga	Ab	Nativa
	<i>Coryphantha salm- dyckiana</i> Britton y Rose	Biznaga	Ab	Nativa
	<i>Mammillaria compressa</i> De Candolle	Acebuchi	Ab	Nativa
	<i>Echinocactus cinerascens</i> Kelser y Dayton	Agritos	Ab	Nativa
	<i>Echinofossulocactus lancifer</i> Britton & Rose		Ab	Nativa
	<i>Echinocereus stramineus</i> Engelm. var. <i>stramineus</i>		Ab	Nativa
	<i>Ferocactus latispinus</i> Britton y Rose	Biznaga ganchuda	Ab	Nativa
	<i>Ferocactus macrodiscus</i> (Martius) Britton et Rose	Biznaga	Ab	Nativa
	<i>Myrtillocactus geometrizzans</i> (Mart.) Console	Garambullo	Ab	Nativa
	<i>Opuntia imbricata</i> DC.	Cardón o choya	Ab	Nativa
	<i>Opuntia leptocaulis</i> DC.	Tasajillo	Ab	Nativa
	<i>Opuntia leucotricha</i> DC.	Nopal duraznillo	Ab	Nativa
	<i>Opuntia streptacantha</i> Lem.	Nopal cardón	Ab	Nativa
	<i>Stenocereus marginatus</i> (DC.) Berger	Orégano	Ab	Nativa
<i>Stenocereus queretaroensis</i> Saff.	Pitayo	Ab	Nativa	
Crassulaceae	<i>Sedum hemsleyanum</i> Rose	Deditos	H	Nativa
	<i>Villadia imbricata</i> Rose	Siempreviva	H	Nativa
Cruciferae o	<i>Eruca sativa</i> Mill.	Nabo chico	H	Maleza

**Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Particular “Construcción y Operación del Proyecto Denominado la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR Atotonilco”**

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FISONOMÍA	ESTATUS
Brassicaceae	<i>Lepidium schaffneri</i> Thell.	Lentejilla	H	Maleza
	<i>Brassica campestris</i> L.	Nabo grande	H	Maleza
Cucurbitaceae	<i>Echinopepon milleflorus</i> Natudín	Calabacita	H	Maleza
Euphorbiaceae	<i>Acalypha papillosa</i> Rose		H	Nativa
	<i>Euphorbia prostrata</i> Aiton	Euphorbia	H	Nativa
	<i>Jatropha dioica</i> Moc. & Sessé	Sangregrado	H	Nativa
	<i>Ricinus comunis</i> L.	Higuerilla	Ab	Ruderal
Loganiaceae	<i>Buddleia cordata</i> HBK ssp <i>cordata</i>	Tepozán	Ab	Nativa
	<i>Buddleia perfoliata</i> HBK.	Tepozancillo	Ab	Nativa
	<i>Buddleia sessiliflora</i> HBK.	Tepozan Bolita o salvia de bolita	Ab	Nativa
Lamiaceae o Labiatae	<i>Salvia mexicana</i> L.	Tepachichi	Ab	Nativa
Resedaceae	<i>Reseda luteola</i> L.	Colmenilla	H	Maleza
Fabaceae o Leguminosael	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	Huizache	Ar	Nativa
	<i>Dalea brachystachys</i> A.Gray	Engorda cabras	H	Nativa
	<i>Dalea postrata</i> Ort.		H	Maleza
	<i>Desmanthus virgatus</i> (L.) Willd.	Guajillo	H	Nativa
	<i>Desmodium neomexicanum</i> A. Gray	Pega ropa	H	Ruderal
	<i>Erythrina coralloides</i> DC.	Colorín	Ab	Nativa A No endémica
	<i>Mimosa biuncifera</i> Benth.	Uña de gato	Ab	Nativa
	<i>Phaseolus atropurpureus</i> L.	Frijolillo	H	Ruderal
	<i>Prosopis laevigata</i> (Willd.) Johnston	Mezquite	Ar	Nativa
	<i>Senna polyantha</i> (Colladon) Irwin y Barneby	Retama	Ab	Maleza
<i>Senna racemosa</i> Miller	Retama	Ab	Introducida	
Celastraceae	<i>Ribes affine</i> H.B.K.	Ciruelillo	Ab	Nativa
Koeberliniaceae	<i>Koeberlinia spinosa</i> Zucc.	Candelilla o junquillo	H	Nativa
Malvaceae	<i>Anoda cristata</i> (L.) Schlecht	Malva	H	Ruderal
	<i>Argemone mexicana</i> Linn.	Chicalote	H	Maleza
	<i>Sida abutilifolia</i> Mill.	Axocatzin o Sida	H	Ruderal
	<i>Sphaeralcea angustifolia</i> (Cav.) G.Don	Hierba del negro	H	Ruderal
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca icosandra</i> L.	Fitolaca	Ab	Maleza
Scrophulariaceae	<i>Castilleja scorzoneraefolia</i> H.B.K	Hierba del cancer	H	Nativa
	<i>Castilleja arvensis</i> Benth.	Cola de borrego	H	Maleza
Rhamnaceae	<i>Ceanothus greggii</i> S. Watson	Jaboncillo	Ab	Nativa
	<i>Condalia mexicana</i> Schlecht.	Granjeno	Ab	Nativa

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FISONOMÍA	ESTATUS
	<i>Rhamnus serrata</i> Schults var. <i>serrata</i>	Capulincillo	Ab	Nativa
Rosaceae	<i>Amelanchier denticulata</i> K.Koch.	Manzanita o Manzanilla	Ab	Nativa
Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schldl.	Trompetilla	H	Nativa
Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Sauce	Ar	Nativa
Scrophulariaceae	<i>Castilleja scorzoneraefolia</i> H.B.K	Hierba del cancer	H	Nativa
	<i>Castilleja arvensis</i> Benth.	Cola de borrego	H	Maleza
Solanaceae	<i>Jaltomata procumbens</i> (Cav.) J.L.	Jaltomata	H	Nativa
	<i>Nicotiana glauca</i> L.	Tabaquillo	Ab	Maleza
Ulmaceae	<i>Celtis pallida</i> Torr.	Celtis	Ab	Nativa
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i> L.	Cinco negritos	Ab	Nativa
	<i>Verbena ciliata</i> Benth.	Verbena	H	Maleza

**Densidad Relativa e índice de valor de importancia.** En la tabla siguiente se enlistan las especies resultantes del muestreo con su nombre común respectivo, a un lado en las columnas se han calculado los valores de número de individuos de una especie por sitio (Ni sitio), el número de individuos de la especie en toda el área del proyecto (Ni por especie), el número total de individuos por especie la densidad relativa, la cobertura por especie la cobertura relativa el número de sitios donde se encontró la especie y la frecuencia relativa para obtener el índice del valor de importancia correspondiente. El resultado del IVI nos demuestra que es una zona alterada debido a que los valores mayores están en especies de tipo herbáceo y un árbol como el mezquite, así como, los nopales que presentan un valor alto y son los más abundantes en el área.

**Densidad Relativa e índice de valor de importancia IVI**

Nombre Común	Ni sitio	Ni especie	Número total	Densidad Relativa	Cobertura	Cobertura Relativa	Sitios	Frecuencia Relativa	IVI
Agave	42	84.8826363	3,226	0.37909	5.7	0.91	7	7.69	8.98
Avena	600	4244.13182	161,277	18.95439	55	8.72	2	2.2	29.87
Escobilla	17	40.0834671	1,523	0.17901	5	0.79	6	6.59	7.57
Biznaga	3	21.2206591	806	0.09477	5	0.79	2	2.2	3.09
Calabacita	10	141.471061	5,376	0.63181	5	0.79	1	1.1	2.52
Candelilla	69	325.383439	12,365	1.45317	6.7	1.06	3	3.3	5.81
Nopal cardón	90	636.619772	24,192	2.84316	12.5	1.98	2	2.2	7.02
Celtis	4	56.5884242	2,150	0.25273	15	2.38	1	1.1	3.73
Genicilla	17	120.250401	4,570	0.53704	7.5	1.19	2	2.2	3.92
Cestrum	8	28.2942121	1,075	0.12636	6.3	0.99	4	4.4	5.51
Chenopodium	40	565.884242	21,504	2.52725	40	6.34	1	1.1	9.97
Chicalote	4	28.2942121	1,075	0.12636	5	0.79	2	2.2	3.12
Chicalote	81	381.971863	14,515	1.7059	5	0.79	3	3.3	5.8
Hierba del negro	2	28.2942121	1,075	0.12636	5	0.79	1	1.1	2.02

**Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Particular "Construcción y Operación del Proyecto Denominado la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR Atotonilco"**

Nombre Común	Ni sitio	Ni especie	Número total	Densidad Relativa	Cobertura	Cobertura Relativa	Sitios	Frecuencia Relativa	IVI
Choya o cardón	299	100.713922	3,827	0.44979	9.2	1.45	4	46.15	48.06
Jaboncillo	3	42.4413182	1,613	0.18954	5	0.79	1	1.1	2.08
Colorín	5	70.7355303	2,688	0.31591	15	2.38	1	1.1	3.79
Corifante	60	848.826363	32,255	3.79088	5	0.79	1	1.1	5.68
Siempreviva	69	976.150318	37,094	4.35951	5	0.79	1	1.1	6.25
Nabo grande	72	254.647909	9,677	1.13726	5	0.79	4	4.4	6.33
Engorda cabras	5	70.7355303	2,688	0.31591	5	0.79	1	1.1	2.21
Escobilla	1	14.1471061	538	0.06318	5	0.79	1	1.1	1.95
Euphorbia	4	56.5884242	2,150	0.25273	5	0.79	1	1.1	2.14
Fitolaca	9	63.6619772	2,419	0.28432	5	0.79	2	2.2	3.27
Garambullo	20	56.5884242	2,150	0.25273	9	1.43	5	5.49	7.17
Girasol	1652	631.649168	24,003	2.82096	12	1.91	3	40.66	45.39
Tepachichi	1	14.1471061	538	0.06318	5	0.79	1	1.1	1.95
Grangeno	50	54.4119464	2,068	0.24301	6.5	1.04	1	14.29	15.57
Heno motita	108	381.971863	14,515	1.7059	5	0.79	4	4.4	6.89
Higuerilla	89	314.77311	11,961	1.40578	6.3	0.99	4	4.4	6.79
Huizache	225	63.6619772	2,419	0.28432	7.7	1.22	5	54.95	56.45
Cebollina o iris	100	1414.71061	53,759	6.31813	10	1.59	1	1.1	9
Jaltomata	3	42.4413182	1,613	0.18954	5	0.79	1	1.1	2.08
Jarilla	4	28.2942121	1,075	0.12636	5	0.79	2	2.2	3.12
Cucharilla	4	28.2942121	1,075	0.12636	10	1.59	2	2.2	3.91
Lentejilla	20	282.942121	10,752	1.26363	5	0.79	1	1.1	3.16
Magüey	10	70.7355303	2,688	0.31591	7.5	1.19	2	2.2	3.7
Maiz	100	1414.71061	53,759	6.31813	30	4.76	1	1.1	12.17
Malva	173	489.489869	18,601	2.18607	8	1.27	5	5.49	8.95
Manzanita	2	28.2942121	1,075	0.12636	5	0.79	1	1.1	2.02
Mezquite	274	86.1401569	3,273	0.3847	12.9	2.04	4	49.45	51.88
Margarita	2	28.2942121	1,075	0.12636	5	0.79	1	1.1	2.02
Nabo chico	431	406.493514	15,447	1.81541	13	2.06	1	16.48	20.36
Nopal duraznillo	299	124.411315	4,728	0.55562	8.8	1.4	3	37.36	39.32
Tasajillo	27	127.323954	4,838	0.56863	21.7	3.44	3	3.3	7.3
Pasto estrella	13170	2911.20917	110,626	13.00153	60.2	9.54	6	70.33	92.87
Pirúl	84	42.4413182	1,613	0.18954	10.9	1.73	2	30.77	32.69
Retama	1	14.1471061	538	0.06318	5	0.79	1	1.1	1.95
Capulincillo	3	21.2206591	806	0.09477	5	0.79	2	2.2	3.09
Ciruelillo	2	28.2942121	1,075	0.12636	5	0.79	1	1.1	2.02
Sangredegado	55	778.090833	29,567	3.47497	15	2.38	1	1.1	6.95
Sauce	13	91.9561893	3,494	0.41068	10	1.59	2	2.2	4.19
Sida	1328	695.828031	26,441	3.10758	12.6	2	2	29.67	34.77
Tabaquillo	52	73.5649515	2,795	0.32854	7.5	1.19	1	10.99	12.51
Tepozan	2	28.2942121	1,075	0.12636	5	0.79	1	1.1	2.02



Nombre Común	Ni	Ni	Número total	Densidad Relativa	Cobertura	Cobertura Relativa	Sitios	Frecuencia Relativa	IVI
	sitio	especie							
Tepozan Bolita	23	108.461146	4,122	0.48439	8.3	1.32	3	3.3	5.1
Trompetilla	3	42.4413182	1,613	0.18954	5	0.79	1	1.1	2.08
Tronadora	150	2122.06591	80,639	9.4772	25	3.96	1	1.1	14.54
Verbena	10	141.471061	5,376	0.63181	15	2.38	1	1.1	4.11
Total general	20004	611.228314	850,869	100	630.67	100	91	508.79	

### IV.3.2 Fauna

**Información bibliográfica.** A causa de las condiciones de escasa precipitación pluvial que prevalecen en la zona de estudio, posee solo especies animales capaces de vivir en regiones con poca agua. Las especies que se encuentran reportadas en la bibliografía para esta zona son las presentadas en la Tabla 64 mientras que en la Figura 39 se muestran algunas de las huellas dejadas por algunos mamíferos que aun viven en la zona.

Especies animales reportadas para la zona de estudio y su área de influencia

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOM-059-SEMARNAT-2010	ESPECIE ENDÉMICA
<b>MAMÍFEROS</b>				
Ratón de campo	<i>Peromyscus sp.</i>	Cricetidae	No incluido	No
Ratón de campo	<i>Reithrodontomys mexicanus</i>	Cricetidae	No incluido	No
Tlacuache	<i>Didelphis virginiana</i>	Didelphidae	No incluido	No
Tuza	<i>Pappogeomys sp.</i>	Geomyidae	No incluida	No
Murc. hocicudo	<i>Leptonycteris curasoae</i>	Glossophaginae	No incluido	No
Murc. hocicudo mayor	<i>Leptonycteris nivalis</i>	Glossophaginae	No incluido	No
Murciélago trompudo	<i>Choeronycteris mexicana</i>	Glossophaginae	No incluido	No
Liebre cola negra	<i>Lepus californicus</i>	Leporidae	Pr	No
Zorrillo manchado	<i>Spilogale gracilis</i>	Mephitidae	No incluido	No
Murc. cola suelta	<i>Tadarida brasiliensis</i>	Molossidae	No incluido	No
Murc. cola suelta mayor	<i>Nyctinomops macrotis</i>	Molossidae	No incluido	No
Murc. barba arrugada	<i>Mormoops megalophylla</i>	Mormoopidae	No incluido	No

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOM-059-SEMARNAT-2010	ESPECIE ENDÉMICA
Tejón	<i>Taxidea taxus</i>	Mustelidae	A	No
Cacomixtle	<i>Bassariscus astutus</i>	Procyonidae	No incluido	No
Ardilla	<i>Spermophilus sp.</i>	Sciuridae	No incluido	No
Murc. cola peluda	<i>Lasiurus cinereus</i>	Vespertilionidae	No incluido	No
Murc. mula mexicano	<i>Corynorhinus mexicanus</i>	Vespertilionidae	No incluido	No
Miotis californiano	<i>Myotis californicus</i>	Vespertilionidae	No incluido	No
Miotis mexicano	<i>Myotis velifera</i>	Vespertilionidae	No incluido	No
Miotis orejudo	<i>Myotis auriculacea</i>	Vespertilionidae	No incluido	No
<b>REPTILES</b>				
Lagartija del mezquite	<i>Sceloporus grammicus</i>	Phrynosomatidae	Pr	No
Nauyaca	<i>Bothrops undulatus</i>	Viperidae	No incluida	No
Víbora de cascabel	<i>Crotalus sp.</i>	Viperidae	Sp. no determinada	No
<b>AVES</b>				
Sastrecito	<i>Psaltiriparus minimus</i>	Aegithalidae	No incluido	No
Gavilan cola roja	<i>Buteo jamaicensis</i>	Accipitridae	Pr	No
Zopilote	<i>Cathartes aura</i>	Cathartidae	No incluido	No
Zopilote	<i>Coragyps atratus</i>	Cathartidae	No incluido	No
Paloma	<i>Columba livia</i>	Columbidae	No incluida	No
Coquita	<i>Columbina inca</i>	Columbidae	No incluida	No
Paloma de alas blancas	<i>Zenaida asiática</i>	Columbidae	No incluida	No
Zacatero	<i>Zonotrichia sp.</i>	Emberizidae	No incluido	No
Zanate	<i>Cassidix mexicanus</i>	Emberizidae	No incluido	No
Jilguero dominico	<i>Carduelis psaltria</i>	Fringillidae	No incluido	No
Gorrión	<i>Carpodacus mexicanus</i>	Fringillidae	No incluido	No
Golondrina común	<i>Hirundo rustica</i>	Hirundinidae	No incluida	No
Codorniz común	<i>Colinus virginianus</i>	Phasianidae	No incluido	No
Sinsontillo cola negra	<i>Polioptila melanura</i>	Poliptilidae	No incluido	No
Buho	<i>Bubo virginianus</i>	Strigidae	A	No
Tecolote	<i>Otus asio</i>	Strigidae	Pr	No
Lechuza común	<i>Tyto alba</i>	Tytonidae	No incluida	No

A: Amenazada

Pr: Sujeta a protección especial

**Trabajos de campo.** Por medio de entrevistas realizadas a los lugareños se pudo constatar la presencia de liebres, murciélagos, serpientes, zorrillos, tejones, cacomixtles, y ratones de campo, además de insectos en el sitio donde se construirá la PTAR-Atotonilco y sus alrededores. En los recorridos en campo se observaron numerosas colonias de hormigas (Orden Hemiptera, Familia Formicidae). Es importante mencionar que algunas especies se han desplazado de esa zona debido a las actividades antropogénicas.

Así mismo, dentro del terreno de la PTAR, la fauna es escasa en mamíferos, tanto en número y especies, por no tener suficiente vegetación para establecer sus madrigueras o para alimentación ya que estos campos ya no producen cosechas, de la misma manera, los carnívoros detectados son aves de presa que cazan principalmente roedores y otras aves. La principal estrategia será ahuyentarlos, de tal forma que se establezcan en los predios adyacentes, ya que los roedores, algunos reptiles insectívoros, y aves identificadas son organismos oportunistas que toleran y buscan las actividades agrícolas.

**Aspectos de las huellas de fauna encontradas**



a) Colonia de hormigas



b) Excretas de liebre *Lepus californicus*



c) Excretas de cacomixtle *Bassariscus astutus*

El sitio donde se encuentra en construcción el proyecto, es utilizado principalmente para alimentación, dado que se encontraron rastros que lo indican, tales como las excretas. La construcción de la PTAR-Atotonilco, ha generado el desplazamiento de estas especies animales (terrestres) hacia otras partes de la zona, este predio se utilizó para la agricultura y no se reportaron ni se observaron evidencias de anidamiento de mamíferos.

**Densidad de las poblaciones.** El estado de conservación de las especies animales está íntimamente relacionado con el tipo de vegetación en que habita. El diagnóstico general de la vegetación de la zona de estudio mostró un alto grado de perturbación general donde sólo se conservan fragmentos de los distintos tipos de vegetación que originalmente existieron, siendo afectado principalmente el matorral xerófito que debió cubrir una parte considerable de la región.

Desde este punto de vista, la fauna asociada también ha sido afectada por el desarrollo humano, cabe mencionar que estos efectos son el producto de muchos años de uso de la zona en actividades que no se encuentran acorde con la vocación de los ecosistemas presentes, sin embargo es relevante comentar que el proyecto que se expone, ayudará a eliminar la contaminación presente en los suelos, con lo que se generarán las condiciones para el establecimiento de cadenas tróficas más saludables, empezando con una mayor disponibilidad de agua limpia y un suelo de mejor calidad.

En el inventario de especies de aves se observaron 7 especies, de las 17 especies reportadas para la zona. Dentro de las especies registradas existen gavilán cola roja, zopilote, paloma, coquita, zacatero, gorrión, zanate, de las cuales solo el gavilán está enlistado en la NOM-059-SEMARNAT-2010, debido sobre todo a la reducción de su hábitat y el uso indiscriminado de estas poblaciones.

Las aves más abundantes fueron las insectívoras seguido de las granívoras, así se observó individuos de zanates (*Quiscalus mexicanus*), paloma (*Columba livia*), la tortolita o coquita (*Columbina inca*). Se observó al vuelo un gavilán (*Buteo jamaicensis*) así como mayor presencia de aves con hábitos gregarios fueron las más abundantes. Los mamíferos observados (rastros, excretas) fueron el conejo y el cacomixtle, tal y como se indica en la tabla a continuación:

**Avistamientos en el Transecto 1 del predio PTAR Atotonilco**

Transecto	Avistamientos										ind/ha
	1		2		3		4		Tot		
Especie	No.	Dist.	No.	Dist.	No.	Dist.	No.	Dist.	No.	Dist.	
<i>Lepus californicus</i>					1	50			1	50	1.27323954
<i>Bassariscus astutus</i>			1	100					1	100	0.31830989
<i>Buteo jamaicensis</i>	1	300							1	300	0.03536777
<i>Cathartes aura</i>			1	500					1	500	0.0127324
<i>Columba livia</i>					5	50			5	50	6.36619772
<i>Columbina inca</i>			3	50	1	100			4	75	2.26353697
<i>Zonotrichia sp.</i>			1	45					1	45	1.57190067
<i>Cassidix mexicanus</i>	2	25			1	10			3	18	31.1813766
<i>Carpodacus mexicanus</i>	2	30	1	50	3	25			6	35	15.5906883
	5	118	7	149	11	47			23	130	4.31357426

Vegetación: matorral subierme de *Prosopis laevigata* (mezquite) y *Acacia farnesiana* (huizache).

**Especies endémicas y/o en peligro de extinción.** No se encontraron especies consideradas como endémicas. De las especies que se reportan en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se documentó en la bibliografía presencia de la lagartija del mezquite, sin embargo no se encontró evidencia de su presencia cuando se llevaron a cabo los recorridos en campo. En la categoría de especie sujeta a protección se detectó al gavilán de cola roja (*buteo jamaicensis*) del cual se determinó con exactitud que no anida en el terreno de la PTAR.

#### IV.4 Medio socioeconómico

Dentro del área de estudio e influencia socioeconómica del proyecto definida a continuación, se caracterizan las principales variables demográficas, sociales y económicas y se formulan algunas observaciones de campo en torno a las condiciones y actitud de la población que será afectada por la construcción y operación de la PTAR y que se consideran de gran importancia para la evaluación del proyecto. Con la exposición de estos elementos de carácter socioeconómico, se podrá establecer su interrelación con los componentes ambientales y coadyuvar así en la determinación de los impactos benéficos y/o adversos generados por el proyecto y en la formulación de las medidas correspondientes.



#### IV.4.1 Área de estudio y de influencia socioeconómica

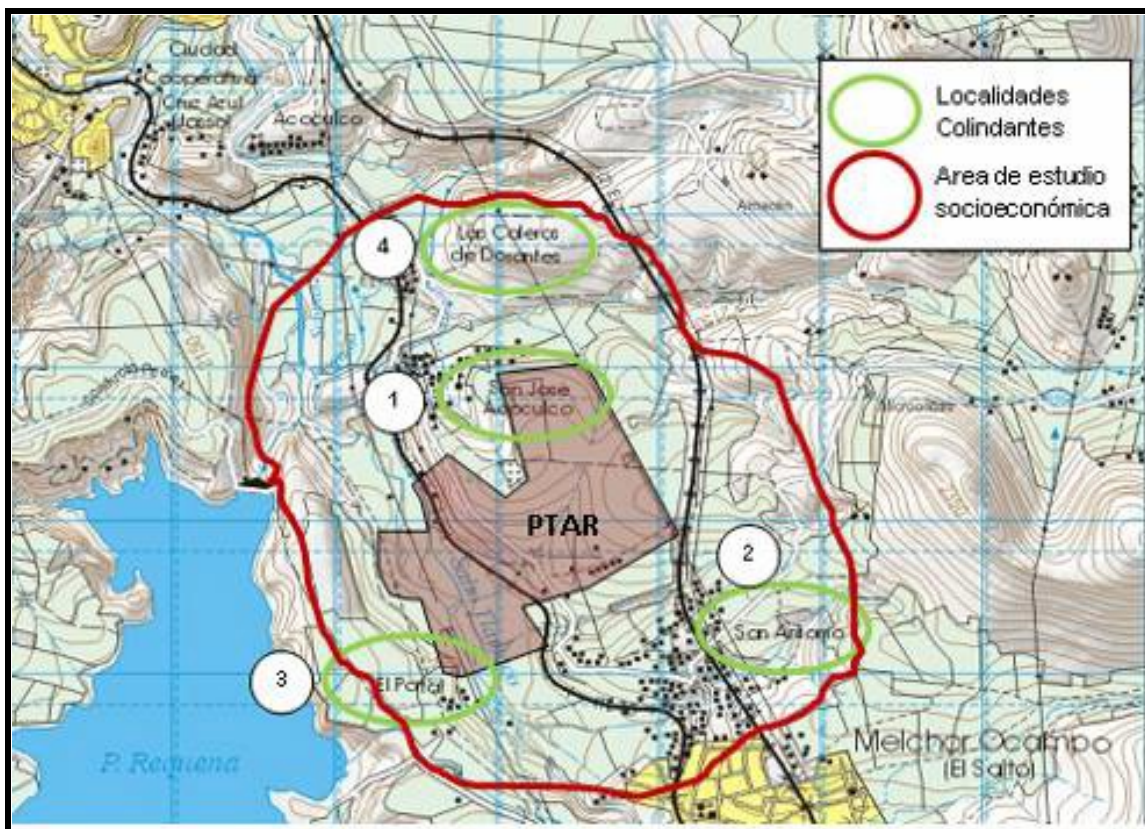
##### Criterios de delimitación

La delimitación del área de estudio en el ámbito socioeconómico se basó en los aspectos ambientales en la descripción del Sistema Ambiental dado que, se incluye el conjunto de asentamientos humanos y localidades colindantes al sitio del proyecto de la PTAR.

Con base en lo anterior, el área de estudio incluye 4 localidades con una población total censal de 1,213 personas (2005) y estimada para el año 2010 en 1,365 habitantes que tendrán una interacción socioeconómica directa e inmediata con el desarrollo del proyecto; estas localidades se ubican entre los 250 m y 1000 m de distancia en línea recta a partir del lindero del predio de ubicación de la PTAR de tal manera que, siendo colindantes a ésta, son las más cercanas al sitio del proyecto y, por tanto, conforman el primer perímetro de cercanía denominado perímetro A, el cuál corresponde al área de estudio socioeconómica. Cabe señalar que en estas localidades del perímetro A se ha enfocado gran parte de la investigación de campo.

En la Figura, se muestra la ubicación específica del área de estudio (Perímetro A), las localidades que la conforman, la localización de la PTAR y las condiciones topográficas de la zona.

Ubicación específica y localidades del área de estudio socioeconómica.



Fuente: Detalle de carta topográfica INEGI. Esc. 1:50,000.



Por lo que se refiere al área de influencia, se ha considerado que el área de estudio se haya vinculada con el conjunto de localidades cercanas con las que se establecen interacciones de tipo social y económico y que, en función de la distancia respecto del sitio del proyecto, se han denominado perímetros B (de 1 a 3 km del sitio del proyecto), C (de 3 a 7 km) y D (de 7 a 8 km) y que constituyen parte del área de influencia del proyecto; de igual manera, tal y como se explica más adelante, se considerarán dentro del área de influencia del proyecto y como marco de referencia, las áreas municipales involucradas, es decir, Atotonilco de Tula, Tepeji del Río y Tula de Allende.

Con base en lo anterior, el área de estudio y de influencia socioeconómica queda establecida con las siguientes localidades y municipios cuya ubicación y datos demográficos a detalle se exponen más adelante:

**Localidades en área de estudio y de influencia 2005.**

<b>Perímetro A (entre 250 m y 1 km)</b>	<b>Perímetro B (entre 1 y 3 km)</b>	<b>Perímetro C (entre 3 y 7 km)</b>	<b>Perímetro D (entre 7 y 8 km)</b>
1) San José Acoculco, At. (a 640 m) 2) San Antonio, At. (a 540 m) 3) El Portal, At. (a 250 m) 4) Caleras de Dorantes, Tu. (a 1000 m)	5) Melchor Ocampo (El Salto), Te.(a 2 km) 6) Acoculco, Tu. (a 2.2 km) 7) Fracc. Presa Escondida,Te. (a 3 km)	8) Conejos, At. (a 4.7 km) 9) Pueblo Nuevo Jasso, Tu. (a 3.2 km) 10) Cd. Cooperativa Cruz Azul, Tu. (a 3.5 km) 11) Monte Alegre, Tu. (a 4.5 km) 12) San Miguel Vindho, Tu. (a 3.5 km) 13) Santa María Ilucan, Tu. (a 5 km) 14) Nva. Santa María, Tu. (a 6.5 km) 15) Tianguistengo, Te. (a 5 km) 16) San Mateo, Te. (a 7 km)	17) Tlaxinacalpan, Te. (a 7.1 km) 18) Tepeji del Río, Te. (a 7.5 km)
<b>Total: 1213 habitantes</b>	<b>Total: 4,298 habitantes</b>	<b>Total: 20,578 habitantes (21.47%)</b>	<b>Total: 69,755 habitantes (72.78%)</b>

Fuente: INEGI.- Cartas Topográficas 1:50,000

INEGI. II Censo de Población y Vivienda 2005. Principales resultados por localidad 2005 (IRIS 4.0.2).

La población del área de estudio e influencia señalada anteriormente asciende a 95,844 habitantes en 18 localidades que representan el 50.5% de la población total de los tres municipios señalados; se muestra la ubicación regional del área de estudio y las áreas municipales observándose las localidades y vías de comunicación principales.

El área de estudio e influencia del proyecto que se ha determinado anteriormente, constituye el ámbito que, bajo el punto de vista socioeconómico, será afectado en forma directa e indirecta con la puesta en marcha del proyecto; ahora bien, para el análisis socioeconómico de dicha área, como se ha señalado, es indispensable considerar dentro del área de influencia y como marco de referencia, los territorios municipales.

El municipio de ubicación de la PTAR, es decir, Atotonilco de Tula, con una población total de 26,500 habitantes (2005) y los municipios colindantes al proyecto Tepeji del Río con 69,755 habitantes.

Tula de Allende con 93,296 habitantes lo que arroja una población total de 189,551 habitantes en dicha área de influencia. La consideración de estas áreas municipales se

basa en los siguientes criterios:

- 1) El sitio del proyecto, si bien se ubica al interior del municipio de Atotonilco de Tula, se halla en la zona limítrofe (zona de confluencia) de los tres municipios señalados
- 2) Las características sociales y económicas de cada municipio, al ser unidades político/administrativas relativamente independientes, determinan a su vez las peculiaridades del área de estudio; así, por ejemplo, la evolución demográfica municipal se ve reflejada en el área de estudio al igual que la política social y de inversiones local.
- 3) Una vez terminada la etapa de construcción del proyecto, su etapa de operación tendrá una influencia socioeconómica no sólo al interior del área de estudio sino en el conjunto de los municipios colindantes y a nivel regional.
- 4) Existe una opinión favorable al desarrollo del proyecto --aunque, en algunos casos, condicionada-- entre autoridades y población de los tres municipios, principalmente por su impacto en el empleo y en el saneamiento regional.

Con base en lo anterior el análisis socioeconómico se centrará, tanto en el área de estudio e influencia como en el nivel municipal y, particularmente, en el municipio de ubicación del proyecto, es decir, Atotonilco de Tula.

#### **IV.4.2 Demografía**

**Dinámica y crecimiento de la Población (1950-2005).** Previamente al análisis de la dinámica de la población, a continuación se exponen algunas de las características generales de los municipios que conforman el área de influencia del proyecto:

**Características generales de los municipios de influencia del Proyecto.**

<b>Municipio</b>	<b>Superficie (km<sup>2</sup>)</b>	<b>No. de localidades</b>	<b>Población total, 2005 (habitantes)</b>	<b>Población Cabecera Municipal, 2000 (habitantes)</b>	<b>% del total municipal, 2000 (habitantes)</b>
Atotonilco de Tula	30.80	20	26,500	6,955	27.99
Tepeji del Río	393.20	47	69,755	31,221	46.00
Tula de Allende	305.80	64	93,296	26,881	30.95
<b>Total</b>	<b>729.80</b>	<b>131</b>	<b>189,551</b>	<b>65,057</b>	<b>34.32</b>

SNIM: 7.0. INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). 2000. INEGI. II Censo de Población y Vivienda 2005. Principales resultados por localidad 2005.

Como se puede observar, el municipio de ubicación del proyecto, Atotonilco de Tula es el más pequeño de los tres del área de influencia, tanto territorialmente con sólo el 4.2% del total, como demográficamente con el 13.9% del total y apenas el 10.6% de la población de las tres cabeceras municipales lo cual muestra su mayor carácter rural --aunque si bien con una baja actividad agrícola--, su menor desarrollo urbano e industrial y la importancia del proyecto para la reversión de esta condición socioeconómica y demográfica.

A continuación se muestra la evolución cuantitativa de la población a nivel municipal y sus respectivas tasas de crecimiento lo cual se ve reflejado en el área de estudio específica.

**Evolución de la Población total de los municipios con la PTAR- Atotonilco. 1950-2005.**

Municipios	Total de habitantes						
	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2005
1) Atotonilco de Tula	5,248	7,017	9,634	14,519	19,327	24,848	26,500
2) Tepeji de Río	15,750	18,769	24,139	37,777	51,199	67,858	69,755
3) Tula de Allende	23,509	29,339	38,685	57,604	73,713	86,840	93,296
<b>Total</b>	<b>44,507</b>	<b>55,125</b>	<b>72,458</b>	<b>109,900</b>	<b>144,239</b>	<b>179,546</b>	<b>189, 551</b>

Fuente: INEGI. Hidalgo, VII, VIII, IX, X, XI y XII Censos Generales de Población y Vivienda 1950, 1960, 1970, 1980, 1990 y 2000. INEGI. II Censo de Población y Vivienda 2005. Principales resultados por localidad 2005 (IRIS 4.0.2).

**Tasas de crecimiento media anual de los municipios colindantes con la PTAR- Atotonilco, Hgo. del año 1950 al año 2005.**

Municipios	Tasa de crecimiento media anual (%)				
	1950-60	1960-70	1970-80	1980-90	1990-00
1) Atotonilco de Tula	2.9	3.3	4.0	3.0	2.6
2) Tepeji de Río	1.8	2.6	4.4	3.2	2.9
3) Tula de Allende	2.2	2.9	3.9	2.6	1.7

Fuente: INEGI. Hidalgo, VII, VIII, IX, X, XI y XII Censos Generales de Población y Vivienda 1950, 1960, 1970, 1980, 1990 y 2000. INEGI. II Censo de Población y Vivienda 2005. Principales resultados por localidad 2005 (IRIS 4.0.2).

De acuerdo a los cuadros y gráficas siguientes, se deduce que el crecimiento poblacional en términos relativos en los tres municipios ha sido similar entre 1950 y 2000 agudizándose en la década 1970-80 con tasas del orden del 4% anual y disminuyendo considerablemente en las décadas siguientes; en el municipio del proyecto dicha disminución llegó al 2.6% entre el año 90 y el 2000 y si bien se espera la continuación de esa tendencia a la baja, siguen siendo tasas elevadas respecto del promedio nacional y estatal (1.7%) y, por otro lado, se estima que la puesta en marcha del proyecto y de otras inversiones en la región tendrán un considerable efecto sobre esta evolución al representar polos de atracción demográfica e incrementar los índices de crecimiento. La evolución demográfica se expone gráficamente a continuación para cada una de las áreas municipales:

**Distribución de la población.**

Como se ha señalado, con base en observaciones de campo y cartográficas, los perímetros que conforman el área de estudio e influencia se han establecido en función de la distancia respecto del sitio del proyecto, considerando una mayor intensidad de los impactos socioeconómicos en los asentamientos más cercanos a la PTAR. A continuación se indican las localidades y distribución de la población en el área de estudio (perímetro A) y de influencia (perímetros B, C y D) con la observación de que dada la mayor cobertura de la información INEGI-IRIS (Información Referenciada geoespacialmente Integrada en un Sistema) ésta se considerará para el análisis, mencionando los datos del SNIM (Sistema Nacional de Información Municipal) sólo para fines comparativos.

# Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Particular "Construcción y Operación del Proyecto Denominado la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR Atotonilco"

## Población total y por sexo de las Localidades del área de estudio socioeconómica (Perímetro A).

Municipio	Localidades	Total de habitantes					
		Hombres		Mujeres		Total	
		SNIM(1)	IRIS(2)	SNIM	IRIS	SNIM	IRIS
Atotonilco de Tula	1) San José Acocolco	272	214	270	247	542	461
	2) San Antonio	280	314	302	353	582	667
	3) El Portal	n. i.	44	n. i.	41	n. i.	85
Tula de Allende	4) Caleras de Dorantes	n. i.	n. i.	n. i.	n. i.	n. i.	n. i.
<b>Total</b>			<b>572</b>		<b>641</b>		<b>1,213*</b>
<b>Porcentaje (%)</b>			<b>47.16</b>		<b>52.84</b>		<b>100</b>

Fuentes: (1) SNIM: 7.0. INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal).

(2) IRIS 4.0.2. INEGI. II Censo de Población y Vivienda 2005. Principales resultados por localidad 2005.

## Población total y por sexo de las localidades en el Perímetro B (Área de influencia).

Municipio	Localidades	Total de habitantes					
		Hombres		Mujeres		Total	
		SNIM	IRIS	SNIM	IRIS	SNIM	IRIS
Tepeji del Río	5) M. Ocampo. (El Salto)	1,762	2,081	1,747	2,098	3,509	4,179
Tula de Allende	6) Acocolco	79	40	75	40	154	80
Tepeji del Río	7) Frac. Presa Escondida	40	17	45	22	85	39
<b>Total</b>			<b>2,138</b>		<b>2,160</b>		<b>4,298</b>
<b>Porcentaje (%)</b>			<b>49.74</b>		<b>50.26</b>		<b>100</b>

Fuentes: (1) SNIM: 7.0. INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal).

(2) IRIS 4.0.2. INEGI. II Censo de Población y Vivienda 2005. Principales resultados por localidad 2005.

## Población total y por sexo de las localidades en el Perímetro C (Área de influencia).

Municipio	Localidades	Total de habitantes					
		Hombres		Mujeres		Total	
		SNIM	IRIS	SNIM	IRIS	SNIM	IRIS
Atotonilco de Tula	8) Conejos	1,574	1,796	1,566	1,817	3,140	3,613
Tula de Allende	9) Pueblo Nuevo Jasso	62	53	52	56	114	109
	10) Cd. Coop. Cruz Azul*	*	*	*	*	*	*
	11) Monte Alegre	596	729	629	731	1,225	1,460
	12) San Miguel Vindho	5,082	5,193	5,406	5,544	10,488	10,737
	13) Santa María Ilucan*	*	*	*	*	*	*
Tepeji del Río	14) Nva. Santa María	296	356	280	369	576	725
	15) Tianguistengo	1,645	1,872	1,742	2,037	3,387	3,909
	16) San Mateo	178	13 <sup>1</sup>	193	12 <sup>1</sup>	371	25 <sup>1</sup>
<b>Total</b>			<b>10,012</b>		<b>10,566</b>		<b>20,578</b>
<b>Porcentaje (%)</b>			<b>48.65</b>		<b>51.35</b>		<b>100</b>

Nota: \* La población de estas localidades se incluyó en el área de S. M. Vindho.

<sup>1</sup> San Mateo 2ª Sección (IRIS).

Fuentes: (1) SNIM: 7.0. INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal).

(2) IRIS 4.0.2. INEGI. II Censo de Población y Vivienda 2005. Principales resultados por localidad 2005.

## Población total y por sexo de las localidades en el Perímetro D (Área de influencia).

Municipio	Localidades	Total de habitantes					
		Hombres		Mujeres		Total	
		SNIM	IRIS	SNIM	IRIS	SNIM	IRIS
Tepeji del Río	17) Tlaxinacalpan*	*	*	*	*	*	*
	18) Tepeji del Río	33,449	33,947	34,409	35,808	67,858	69,755
<b>Total</b>			<b>33,947</b>		<b>35,808</b>		<b>69,755</b>
<b>Porcentaje (%)</b>			<b>48.67</b>		<b>51.33</b>		<b>100</b>

Nota: \* \* La población de esta localidad se incluyó en el área de Tepeji del Río.

Fuentes: (1) SNIM: 7.0. INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). (2) IRIS 4.0.2. INEGI. II Censo de Población y Vivienda 2005. Principales resultados por localidad 2005.

Las 4 localidades señaladas del perímetro A (Área de estudio) , con una población total de 1,213 personas, son relativamente pequeñas y concentran la menor cantidad de habitantes de los cuatro perímetros (1.26%); sin embargo, con la construcción y operación del proyecto, son estas localidades las que se verán mayor y directamente impactadas, tanto positiva como negativamente, dada su colindancia con el mismo, generándose por ello una reacción social de mayor intensidad respecto de localidades más distantes; debido a lo anterior, es en estas comunidades y en las autoridades municipales donde se han enfocado las observaciones de campo con un enfoque cualitativo más que cuantitativo que permita detectar los posibles impactos socioeconómicos y sus correspondientes medidas. De esta manera, independientemente de los efectos del proyecto a nivel estatal y regional, --particularmente los referidos a la mejoría en los Distritos de Riego beneficiados--, en el área de influencia señalada anteriormente la intensidad de los impactos socioeconómicos del proyecto disminuirá en función de la ubicación de las localidades en su respectivo perímetro.

Además de la distribución actual de la población en las localidades señaladas, sus correspondientes perímetros de ubicación nos muestran la secuencia de las conurbaciones que se observan en la zona, tanto hacia el noroeste del sitio del proyecto (San Miguel Vindho→Tula) como, particularmente, en el área suroeste de la PTAR con el crecimiento demográfico y territorial de las localidades de San Antonio→Melchor Ocampo (El Salto) →Acoculco→Presa Escondida→Tianguistengo (La Romera)→San Mateo en los perímetros A, B y C y que muestran una acelerada conurbación con la cabecera municipal, Tepeji del Río, en el perímetro D, lo cuál conforma actualmente un conglomerado cercano a los 80 mil habitantes.

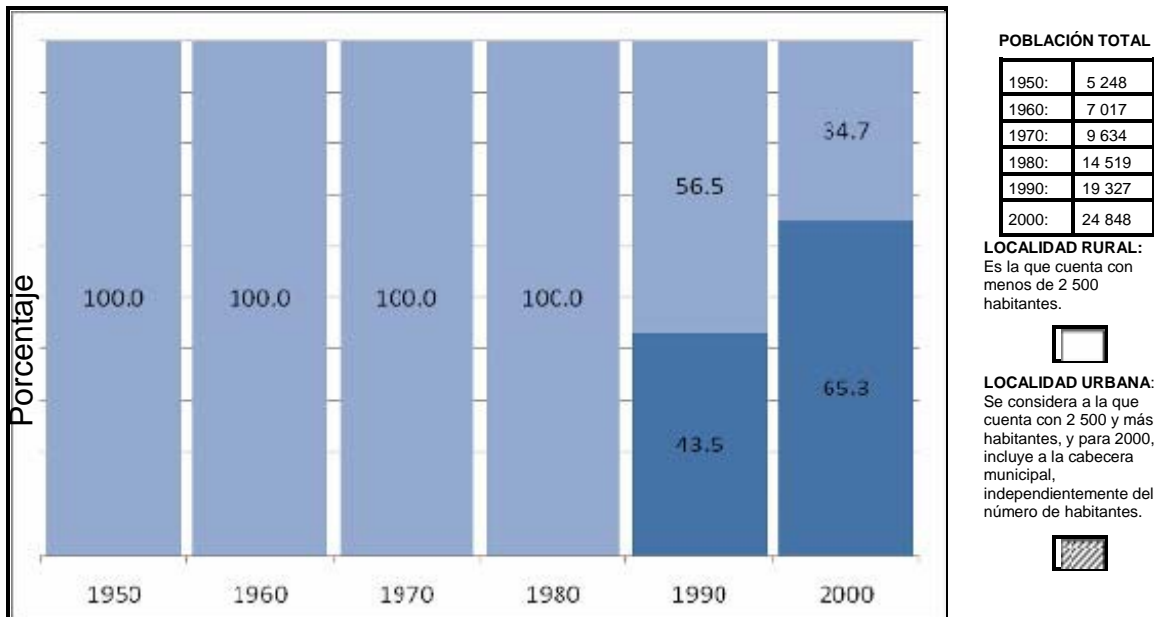
El crecimiento demográfico/territorial y su correspondiente proceso de conurbación se verá agudizado con la puesta en marcha del proyecto y se generará también en el municipio de Atotonilco de Tula (área oriental de la PTAR) con la conurbación entre la localidad de Conejos (perímetro C) y la cabecera municipal, Atotonilco de Tula. Los procesos de conurbación señalados se verán intensificados debido a la magnitud de la obra y al movimiento y ubicación de mano de obra, equipo y materiales en las localidades señaladas y a través de las vías de comunicación que las unen.

### **Población rural y urbana**

Otro aspecto de gran importancia en la distribución y características de la población circundante al sitio del proyecto se refiere a su ubicación en localidades rurales (con menos de 2500 habitantes) ó urbanas (con más de 2500 habitantes) lo cuál es un indicador, tanto del grado de urbanización y servicios como del peso específico de las actividades primarias (agropecuarias) o secundarias (industriales) y terciarias (servicios); a este respecto, la situación de los municipios de influencia del proyecto es la que se indica en las figuras siguientes:



**Población total por tipo de localidad de residencia, Atotonilco de Tula, 1950-2000.**



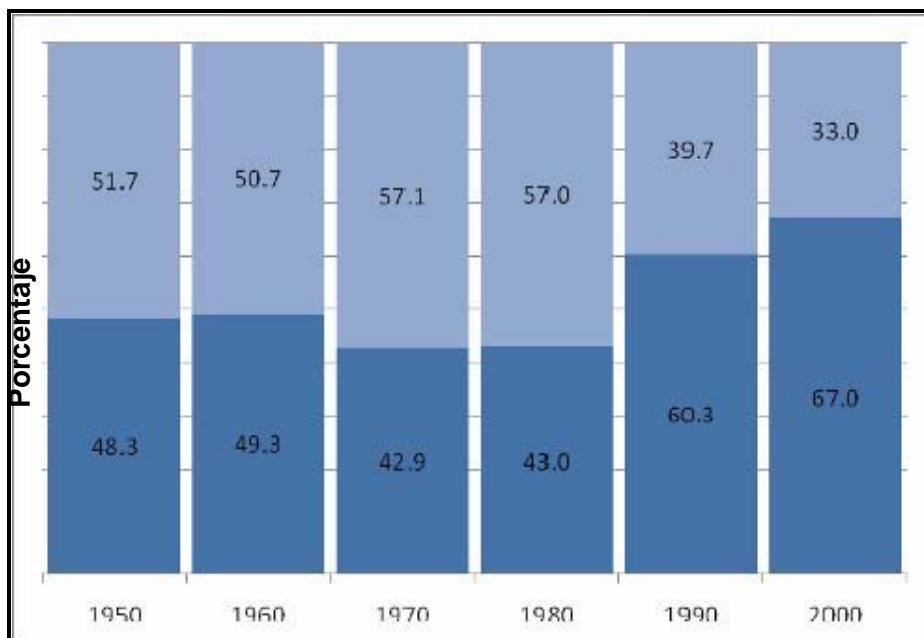
Fuente: INEGI. Hidalgo, VII, VIII, IX, X, XI y XII. Censos Generales de Población y Vivienda 1950, 1960, 1970, 1980, 1990 y 2000.

Hasta el año de 1980, la totalidad de la población del municipio de ubicación del proyecto, Atotonilco de Tula, tenía un carácter rural a diferencia de los municipios de Tepeji y Tula que, desde 1950, una parte considerable de su población residía en localidades urbanas (principalmente en las cabeceras municipales), proporción que ha venido creciendo de tal manera que, a partir del año 2000, más del 65% de la población en los 3 municipios se considera urbana, principalmente el municipio de Tula con el 74.3%, mientras que Atotonilco mantiene la mayor proporción de población rural con el 34.7%.

Las 4 localidades del área de estudio específica son de carácter rural al tratarse de comunidades con una población menor a los 2,500 habitantes.

**Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Particular "Construcción y Operación del Proyecto Denominado la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR Atotonilco"**

**Población total por tipo de localidad de residencia del municipio de Tepeji del Río del año de 1950 al año 2000 (Porcentaje).**



**POBLACIÓN TOTAL**

1950:	5 248
1960:	7 017
1970:	9 634
1980:	14 519
1990:	19 327
2000:	24 848

**LOCALIDAD RURAL:**

Es la que cuenta con menos de 2 500 habitantes.

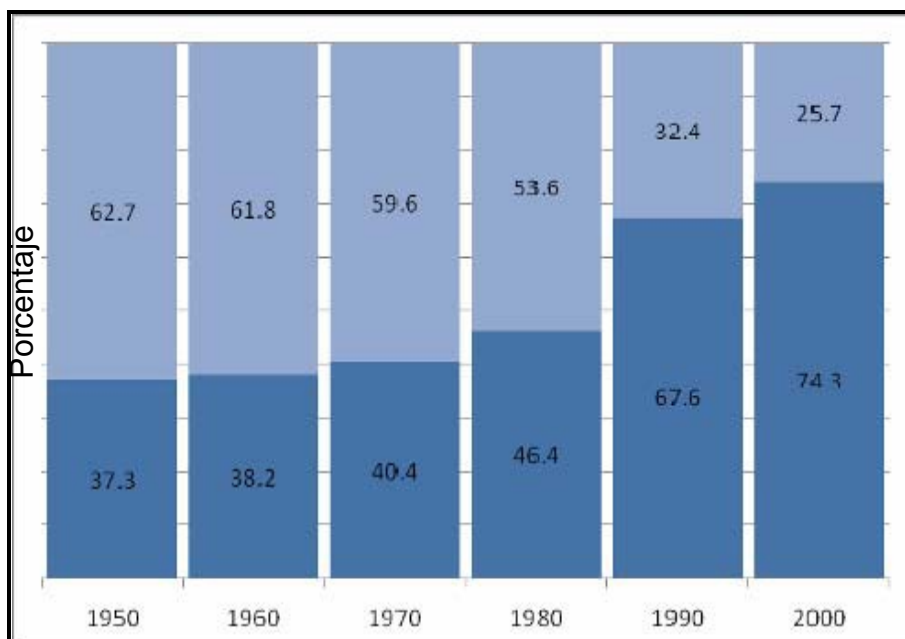


**LOCALIDAD URBANA:**

Se considera a la que cuenta con 2 500 y más habitantes, y para 2000, incluye a la cabecera municipal, independientemente del número de habitantes.



**Población total por tipo de localidad de residencia del municipio de Tepeji del Río del año de 1950 al año 2000 (Porcentaje).**



**POBLACIÓN TOTAL**

1950:	5 248
1960:	7 017
1970:	9 634
1980:	14 519
1990:	19 327
2000:	24 848

**LOCALIDAD RURAL:**

Es la que cuenta con menos de 2 500 habitantes.



**LOCALIDAD URBANA:**

Se considera a la que cuenta con 2 500 y más habitantes, y para 2000, incluye a la cabecera municipal, independientemente del número de habitantes.

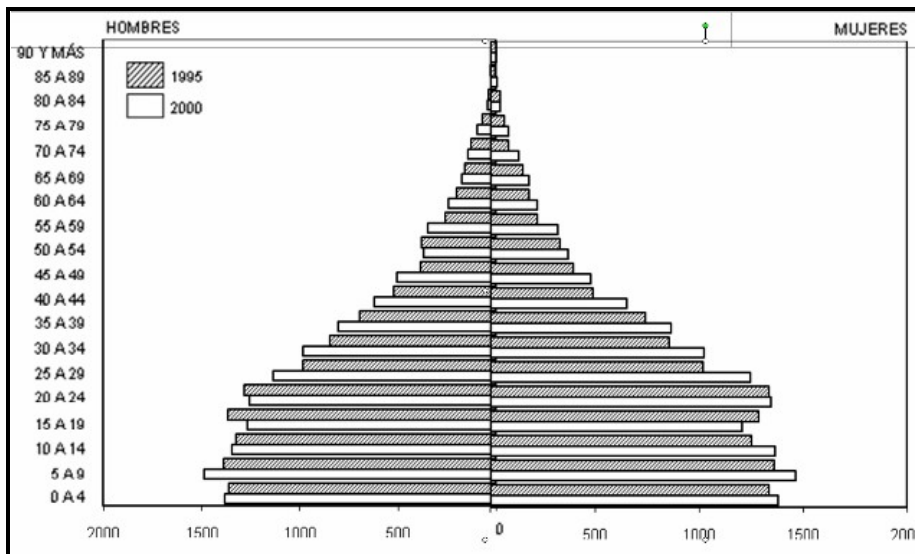


Fuente: INEGI. Hidalgo, VII, VIII, IX, X, XI y XII. Censos Generales de Población y Vivienda 1950, 1960, 1970, 1980, 1990 y 2000.

**Estructura poblacional por edad y sexo.**

Como marco de referencia para la distribución por edad y sexo en los diferentes perímetros de influencia del proyecto, a continuación se muestra gráficamente la estructura por edad y sexo en el municipio de Atotonilco de Tula que, como se verá posteriormente, es similar a la de los municipios de Tepeji y Tula y se verá reflejada en el área de estudio.

**Estructura poblacional por edad y sexo**

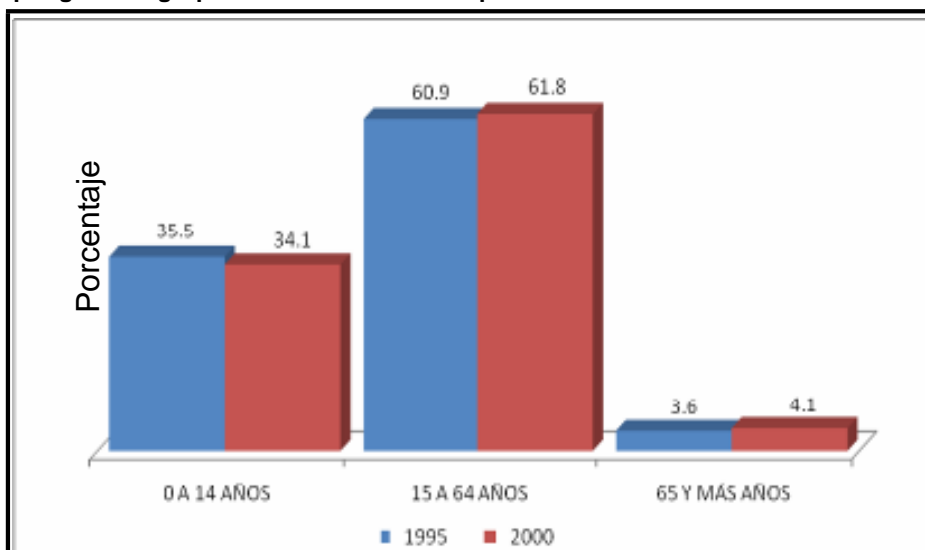


a/ Excluye la población de edad “No especificada”

Fuente: INEGI. Hidalgo, Censo de Población y Vivienda 1995, Resultados Definitivos, Tabulados Básicos. Tomo I. INEGI. Hidalgo, XII Censo General de Población y Vivienda 2000, Tabulados Básicos. Tomo I.

Como se aprecia en la gráfica anterior, la mayor parte de la población del municipio se haya compuesta por personas menores de 50 años y se mantiene una proporción paritaria entre hombres y y; es este grupo de edades, particularmente del sector masculino, el que aportará la mano de obra y los recursos humanos para la construcción del proyecto. A continuación se muestra la distribución por grandes grupos de edad en los 3 municipios vinculados al proyecto.

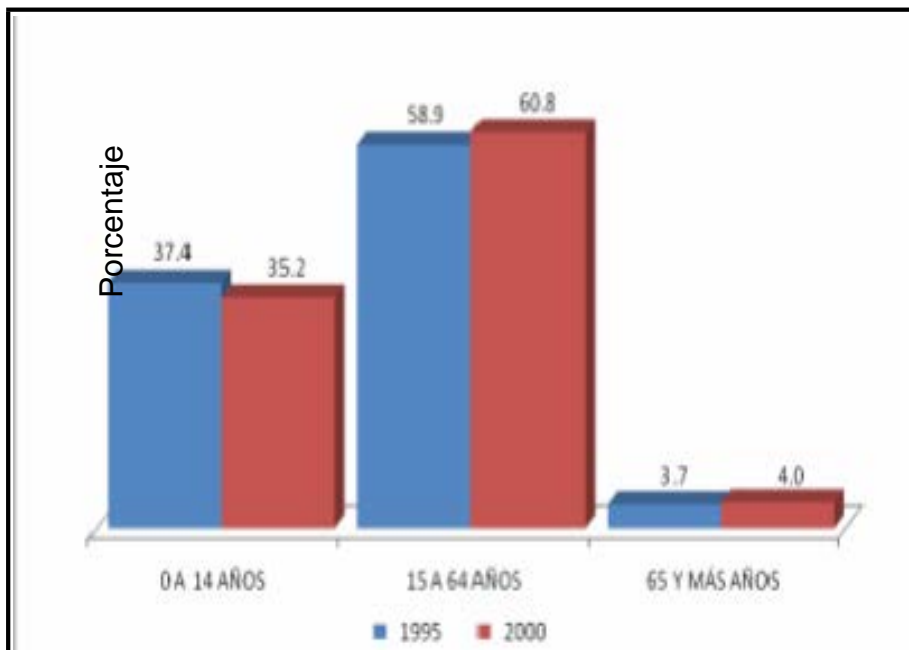
**Población total por grandes grupos de edad en el municipio de Atotonilco de Tula 1995-2000.**



a/ excluye la población de edad “no especificada”

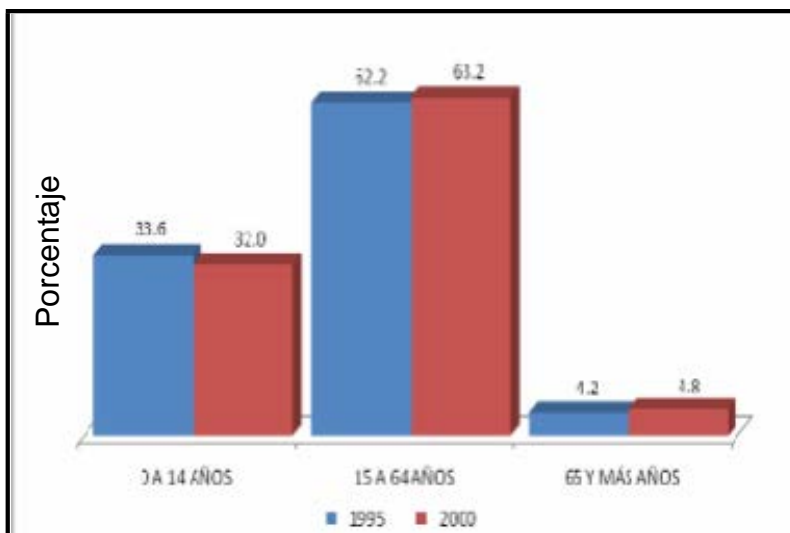
Fuente: INEGI. Hidalgo. Censo de Población y Vivienda 1995. Resultados Definitivos. Tabulados Básicos. Tomo I  
INEGI. Hidalgo. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Tabulados Básicos. Tomo I.

**Población total por grandes grupos de edad en el municipio de Tepeji del Río 1995-2000.**



a/ excluye la población de edad "no especificada"  
Fuente: INEGI. Hidalgo. Censo de Población y Vivienda 1995. Resultados Definitivos. Tabulados Básicos. Tomo I INEGI. Hidalgo. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Tabulados Básicos. Tomo I.

**Población total por grandes grupos de edad en el municipio de Tula de Allende. 1995-2000**



a/ excluye la población de edad "no especificada"  
Fuente: INEGI. Hidalgo. Censo de Población y Vivienda 1995. Resultados Definitivos. Tabulados Básicos. Tomo I INEGI. Hidalgo. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Tabulados Básicos. Tomo I.

Las gráficas anteriores muestran la similitud de los grandes grupos de edad en los tres municipios de influencia del proyecto y también se observa cómo más del 60% de su población se ubica entre los 15 y 64 años de edad, alrededor del 34% entre 0 y 14 años y poco más del 4% tienen 65 años y más, lo que reitera la predominancia de población joven en la zona

A fin de tener una aproximación cuantitativa de la población por edades en el área de estudio y de influencia del proyecto, a continuación se muestran los volúmenes de población por rangos de edad en el año 2000 en las principales localidades de los 4 perímetros establecidos y resaltando el total de habitantes de 15 años y más dado que al interior de este grupo se encuentran los recursos humanos requeridos para la construcción del proyecto.

**Población por rangos de edad en las principales localidades del Perímetro A y B (Área de estudio).**

Población por Rangos de Edad.	Localidades					
	Población Total Perímetro A (2005) 1,213 habitantes			Población Total Perímetro B (2005) 4,298 habitantes		
	San José Acoculco (461 habitantes)		San Antonio (667 habitantes)		San Antonio (667 habitantes)	
De 0 a 4 años	77		77		77	
De 5 años y más	455		500		500	
De 6 a 14 años	103		172		172	
De 12 años y más	371		362		362	
<b>De 15 años y más</b>	<b>337</b>	<b>73.10%</b>	<b>313</b>	<b>46.92%</b>	<b>313</b>	<b>46.92%</b>
De 15 a 17 años	30		39		39	
De 15 a 24 años	133		129		129	
<b>Total</b>	<b>461</b>		<b>667</b>		<b>667</b>	

SNIM: 7.0. INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal) 2000  
población por rangos de edad en las principales localidades del Perímetro C (Área de influencia).

Población por Rangos de Edad.	Localidades							
	Población Total Perímetro C (2005): 20,578 habitantes							
	Conejos (3,613 habitantes)		Monte Alegre (1,460 habitantes)		San Miguel Vindho (10,737 habitantes)		Tianguistengo (3,909 habitantes)	
De 0 a 4 años	369		133		916		448	
De 5 años y más	2,754		1,084		9,510		2,902	
De 6 a 14 años	612		251		2,081		810	
De 12 años y más	2,268		885		7,978		2,282	
<b>De 15 años y más</b>	<b>2,067</b>	<b>57.21%</b>	<b>802</b>	<b>54.93%</b>	<b>7,219</b>	<b>67.23%</b>	<b>2,010</b>	<b>51.41%</b>
De 15 a 17 años	205		85		679		226	
De 15 a 24 años	706		246		2,064		681	
<b>Total</b>	<b>3,613</b>	<b>100%</b>	<b>1,460</b>	<b>100%</b>	<b>10,737</b>	<b>100%</b>	<b>3,909</b>	<b>100%</b>

SNIM: 7.0. INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal) 2000.



**Población por rangos de edad en las localidades del Perímetro D (Área de influencia).**

Población por Rangos de Edad	Localidades	
	(Población Total Perímetro D 69,755 habitantes)	
	Tlaxinacalpan/Tepeji del Río	Porcentaje (%)
De 0 a 4 años	7,593	
De 5 años y más	59,532	
De 6 a 14 años	14,405	
De 12 años y más	48,116	
<b>De 15 años y más</b>	<b>43,471</b>	<b>62.31%</b>
De 15 a 17 años	4,386	
De 15 a 24 años	14,153	
<b>Total</b>	<b>69,755</b>	<b>100</b>

Fuente SNIM: 7.0. INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). 2000

Con base en los datos anteriores, en el área de estudio del proyecto el grupo de edad (15 años y más) que podría proveer los recursos humanos para la construcción del proyecto (a partir de los 18 años de edad), oscila entre el 46.92% en la localidad de San José y el 73.10% en San Antonio, comunidades colindantes a la PTAR; en el resto de las localidades del área de influencia, este grupo de edad abarca más del 50% de la población total, llegando al 62.31% en el perímetro D que corresponde a la conurbación Tepeji-Tlaxinacalpan y que concentra el mayor volumen de población mayor de 15 años con 43,471 habitantes; En los tres municipios de influencia del proyecto existe una presencia ligeramente superior de mujeres lo que se muestra igualmente en el área de estudio e influencia específica del proyecto, donde la proporción entre los sexos para el año 2005 es la siguiente:

**Porcentaje de población total, por sexos de los perímetros de estudio**

Perímetro	Hombres	Mujeres	Total
<b>A</b>	47.16%	52.84%	<b>100%</b>
<b>B</b>	49.74%	50.26%	<b>100%</b>
<b>C</b>	48.65%	51.35%	<b>100%</b>
<b>D</b>	48.67%	51.33%	<b>100%</b>

De esta manera, en esta área se observa un pequeño incremento de la presencia femenina, particularmente en el área de estudio (perímetro A) con el 53% de la población total.

**IV.4.2 Natalidad y mortalidad.**

Las tasas de natalidad y mortalidad en el municipio de Atotonilco de Tula en el año 2000 --último dato disponible-- son, respectivamente, de 32 y de 2.9 por cada mil habitantes y son aplicables a las condiciones demográficas del área de estudio e influencia del proyecto; dichas tasas y mantienen los mismos niveles del año 1995.

**Natalidad y Mortalidad en el municipio de Atotonilco de Tula, 1998-2003**

Año	1998	2003
<b>Nacimientos</b>		
Hombres	328	295
Mujeres	343	294
<b>Total</b>	<b>671</b>	<b>589</b>
<b>Defunciones Generales</b>		
Hombres	44	57
Mujeres	39	33
<b>Total</b>	<b>83</b>	<b>90</b>
<b>Defunciones &lt; de 1 año</b>		
Hombres	5	4
Mujeres	3	1
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>5</b>

Fuente: INEGI. Dirección General de Estadística. Dirección General Adjunta de Estadísticas Sociodemográficas. Dirección de Análisis y Estudios Demográficos.

**Natalidad y Mortalidad en el municipio de Tepeji del Río, 1998-2003**

Año	1998	2003
<b>Nacimientos</b>		
Hombres	792	827
Mujeres	817	903
<b>Total</b>	<b>1609</b>	<b>1730</b>
<b>Defunciones Generales</b>		
Hombres	163	154
Mujeres	111	102
<b>Total</b>	<b>274</b>	<b>256</b>

<b>Año</b>	<b>1998</b>	<b>2003</b>
<b>Defunciones &lt; de 1 año</b>		
Hombres	18	16
Mujeres	13	8
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>24</b>

Fuente: INEGI. Dirección General de Estadística. Dirección General Adjunta de Estadísticas Sociodemográficas. Dirección de Análisis y Estudios Demográficos.

**Natalidad y Mortalidad en el municipio de Tula de Allende, 1998-2003**

<b>Año</b>	<b>1998</b>	<b>2003</b>
<b>Nacimientos</b>		
Hombres	1054	1032
Mujeres	1063	1078
<b>Total</b>	<b>2117</b>	<b>2110</b>
<b>Defunciones Generales</b>		
Hombres	232	214
Mujeres	177	164
<b>Total</b>	<b>409</b>	<b>378</b>
<b>Defunciones &lt; de 1 año</b>		
Hombres	13	10
Mujeres	13	6
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>16</b>

Fuente: INEGI. Dirección General de Estadística. Dirección General Adjunta de Estadísticas Sociodemográficas. Dirección de Análisis y Estudios Demográficos.

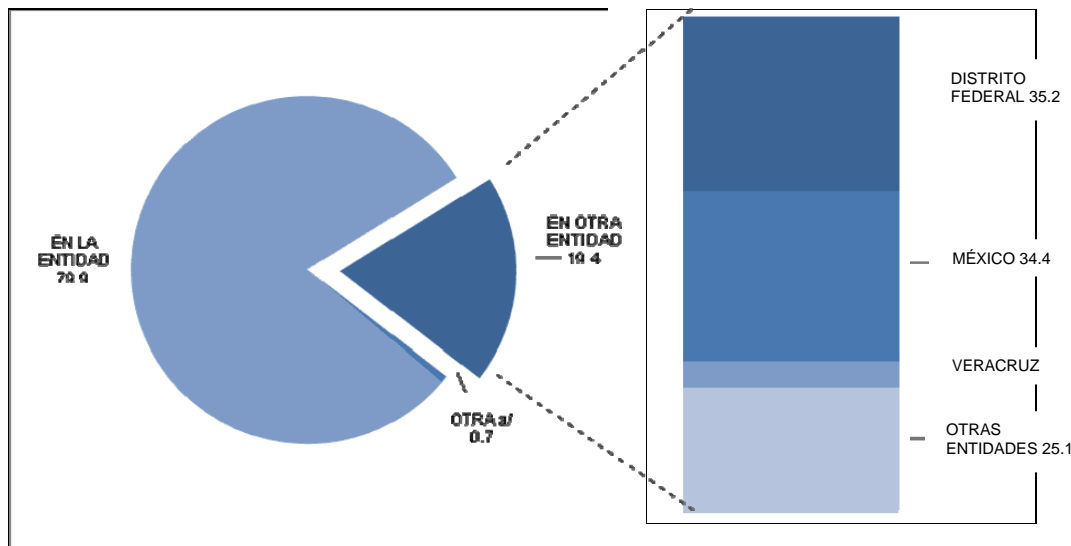
Los municipios circundantes, Tepeji del Río y Tula de Allende mantienen tasas similares de natalidad y mortalidad a las de municipio de ubicación del proyecto, Atotonilco de Tula, --tal y como puede observarse al relacionar sus nacimientos y fallecimientos con su respectiva población total, lo cuál, como se ha señalado, es asimismo aplicable al área de estudio e influencia del proyecto.

#### **IV.4.3 Migración.**

Como contexto general de las condiciones migratorias en el área de estudio y de influencia del proyecto, a continuación se exponen algunos datos de la situación migratoria de la población en los municipios involucrados, analizando las particularidades de Atotonilco de Tula, dada su mayor incidencia en dicha área y para lo cuál se muestran la gráfica y cuadro siguientes:

**Porcentaje de Población total por lugar de nacimiento, Atotonilco de Tula, 2000**

POBLACIÓN TOTAL: 24 848



**Migración en el municipio de Atotonilco de Tula.**

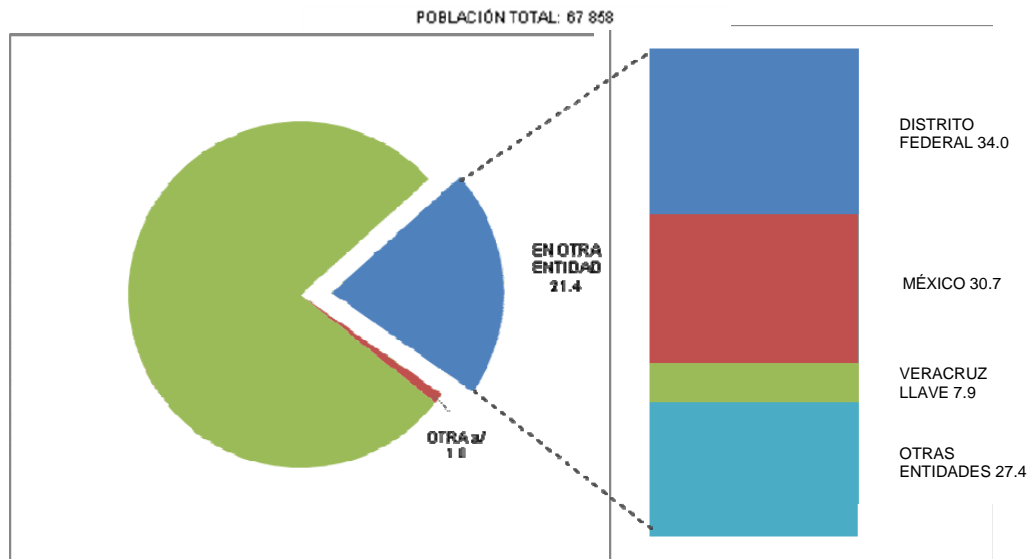
	% de Población total del municipio	
<b>Población que nació en la entidad</b>	19,863	79.93
<b>Población que nació en otra entidad</b>	4,830	19.43
<b>Población que nació en otro país</b>	14	0.05
<b>Población no específica lugar de nacimiento</b>	141	0.56
<b>Población que reside en la entidad</b>	20,624	83.00
<b>Población que reside en otra entidad</b>	1,232	4.95
<b>Población que reside en otro país</b>	24	0.09
<b>Población no específico lugar de residencia</b>	62	0.24
<b>No migrante municipal</b>	20,350	81.89
<b>Migrante municipal</b>	256	1.03
<b>No específica migración municipal</b>	18	0.07
<b>Total migrantes estatal e internacional</b>	1,256	5.05
<b>Migrante estatal e internacional en otra entidad</b>	1,232	4.95

Fuente: SNIM: 7.0. INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal).

De acuerdo a la gráfica y cuadros anteriores, el 19.48% de la población municipal de Atotonilco de Tula (4,844 habitantes) no es nativa del propio municipio lo que muestra la existencia de un flujo de inmigrantes provenientes, en su mayor parte, del Distrito Federal y el estado de México; por su parte, la emigración del municipio hacia otras regiones del país y fuera de éste, según las cifras oficiales, constituye el 5.05 % de la población (1,256 habitantes); lo anterior, si bien es un indicador de la falta de oportunidades de empleo en el propio municipio, su volumen y comparación con la inmigración no permite caracterizarlo como una zona de expulsión poblacional sino más bien de atracción de mano de obra, la cuál se verá incrementada con la puesta en marcha del proyecto, generándose una mayor y más diversificada inmigración.

A continuación se muestran las características migratorias de los otros dos municipios colindantes al área de estudio, Tepeji del Río y Tula de Allende, planteando algunas observaciones:

**Porcentaje de Población total por lugar de nacimiento, Tepeji del Río, 2000**



a/ Comprende la población que nació en otro país y el no especificado Fuente: INEGI. Hidalgo. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Tabulados Básicos. Tomo I.

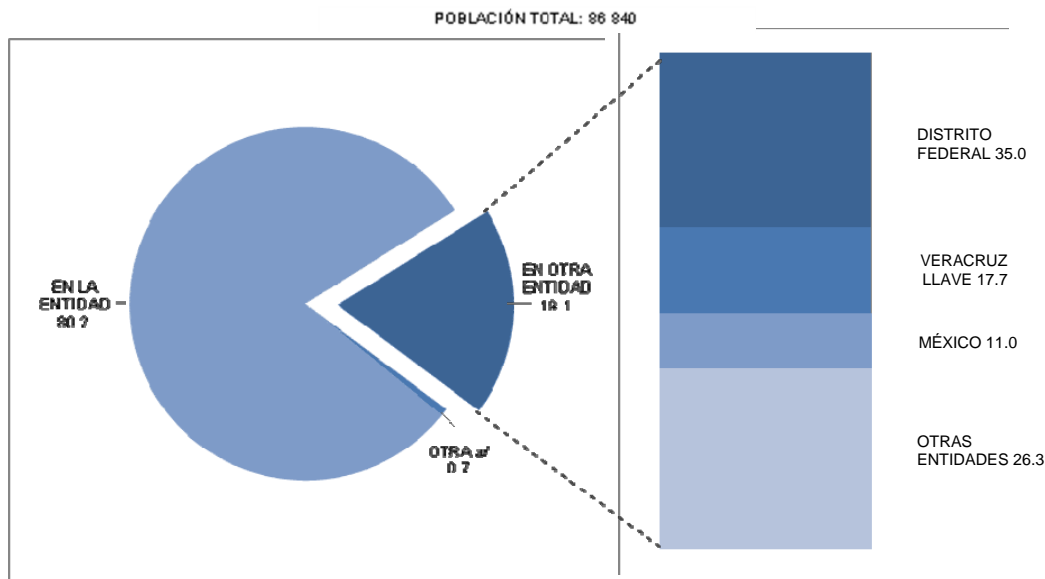
**Migración en el municipio de Tepeji del Río.**

% de Población total del municipio		
<b>Población que nació en la entidad</b>	52,691	77.64
<b>Población que nació en otra entidad</b>	14,486	21.34
<b>Población que nació en otro país</b>	68	0.10
<b>Población no específica lugar de nacimiento</b>	613	0.90
<b>Población que reside en la entidad</b>	55,466	81.73
<b>Población que reside en otra entidad</b>	3,796	5.59
<b>Población que reside en otro país</b>	91	0.13
<b>Población no específico lugar de residencia</b>	179	0.26
<b>No migrante municipal</b>	54,866	80.85
<b>Migrante municipal</b>	509	0.75
<b>No específica migración municipal</b>	91	0.13
<b>Total migrante estatal e internacional</b>	3,887	5.72
<b>Migrante estatal e internacional en otra entidad</b>	3,796	5.59

Fuente: SNIM: 7.0. INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal).



**Porcentaje de Población total por lugar de nacimiento, Tula de Allende, 2000**



a/ Comprende la población que nació en otro país y el no especificado Fuente: INEGI. Hidalgo. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Tabulados Básicos. Tomo I

**Migración en el municipio de Tula de Allende.**

% de Población total del municipio		
<b>Población que nació en la entidad</b>	69,686	80.24
<b>Población que nació en otra entidad</b>	16,562	19.07
<b>Población que nació en otro país</b>	110	0.12
<b>Población no especifica lugar de nacimiento</b>	482	0.55
<b>Población que reside en la entidad</b>	73,684	84.85
<b>Población que reside en otra entidad</b>	3,704	4.26
<b>Población que reside en otro país</b>	169	0.19
<b>Población no especifico lugar de residencia</b>	206	0.23
<b>No migrante municipal</b>	72,900	83.94
<b>Migrante municipal</b>	680	0.78
<b>No especifica migración municipal</b>	104	0.11
<b>Total. migrante estatal e internacional</b>	3,873	4.45
<b>Migrante estatal e internacional en otra entidad</b>	3,704	4.26

Fuente: INAFED. Sistema Nacional de Información Municipal 7.0

En términos relativos, las características migratorias de los municipios de Tepeji del Río y Tula de Allende no difieren de las de Atotonilco de Tula, pese a que los primeros mantienen un mayor nivel de desarrollo; de esta manera, la inmigración en aquellos municipios oscila entre el 21.4 y el 19.1% de la población total mientras que la emigración representa el 5.59 y el 4.26% y, como se ha señalado, la construcción y operación de la PTAR incrementará los flujos migratorios hacia los tres municipios colindantes al sitio del proyecto y disminuirá la emigración.

Algunos datos de nacimientos y residencia en el área de estudio e influencia, según los perímetros establecidos y que particularizan la situación migratoria señalada, se exponen en la tabla siguiente:

**Nacimientos y residencia en las localidades en el área de influencia**

Zona de estudio	Localidad	Concepto	Población Total	Población nacida en la entidad	Población nacida fuera de la entidad	Población residente de 5 años o más en la entidad	Población residente de 5 años o + en otra entidad
<b>Perímetro A</b>	San José Acocolco	Habitantes	542	498	34	446	8
		Porcentaje	100	91.88	6.27	82.28	1.47
	San Antonio	Habitantes	582	548	33	489	11
		Porcentaje	100	94.15	5.67	84.02	1.89
<b>Perímetro B</b>	(El Salto)	Habitantes	3509	2802	659	2884	174
		Porcentaje	100	79.85	18.78	82.18	4.95
	Acocolco	Habitantes	154	141	13	134	3
		Porcentaje	100	91.55	8.44	87.01	1.94
	Fracc. Presa Escondida	Habitantes	85	19	53	33	26
		Porcentaje	100	22.35	62.35	38.82	30.58
<b>Perímetro C</b>	Conejos	Habitantes	3140	2684	440	2666	78
		Porcentaje	100	85.4	14	84.9	2.4
	Pueblo Nuevo	Habitantes	114	104	10	95	5
		Porcentaje	100	91.2	8.7	83.3	4.3
	Monte Alegre	Habitantes	1225	1086	135	1055	29
		Porcentaje	100	88.6	11	86.1	2.3
	San Miguel Vindho	Habitantes	10488	9057	1374	9220	274
		Porcentaje	100	86.3	13.1	87.9	2.6
	Nva. Sta. María	Habitantes	576	417	155	478	45
		Porcentaje	100	72.3	26.9	82.9	7.8
	Tianguistengo	Habitantes	3387	2601	760	2699	194
		Porcentaje	100	76.7	22.4	79.6	5.7
	San Mateo	Habitantes	371	331	39	321	6
		Porcentaje	100	89.2	10.5	86.5	1.6
<b>Perímetro D</b>	Tepeji del Río/ Tlaxinalpan	Habitantes	67858	52691	14554	55466	3887
		Porcentaje	100	77.6	21.4	81.7	5.72

De acuerdo a los datos anteriores, en el área de estudio la inmigración oscila entre el 5.6 y el 6.2% de la población total, proporción que al ser menor que la del municipio en su conjunto, indica que estas localidades se han formado casi en su totalidad con población proveniente del propio municipio y del propio estado de Hidalgo, existiendo una muy baja emigración.

Ahora bien, en algunas de las entrevistas realizadas en el área se señala que la emigración nacional e, incluso, internacional es considerable dadas las condiciones de marginación y desempleo del área, pero que lo más generalizado son los flujos temporales de mano de obra hacia las áreas industriales o construcciones de los municipios de Tepeji y Tula, de ahí que se le dé una gran importancia al proyecto para la generación de empleos y la retención de la mano de obra en sus comunidades.

A diferencia del área de estudio, dos de las 3 localidades de este perímetro del área de influencia del proyecto, muestran una considerable inmigración que oscila entre el 18.7 y el 62.35%, y una emigración de entre el 4.9 y el 30.5%, aunque si bien en el segundo caso se trata de un fraccionamiento residencial turístico lo que le otorga características especiales, mientras que la principal comunidad de este perímetro (El Salto) refleja las condiciones migratorias de los municipios colindantes del proyecto.

Las localidades de los perímetros C y D, cuya información cuantitativa se observa en los cuadros anteriores, muestran una inmigración que oscila entre el 8.7% en Pueblo Nuevo y el 26.9% en Nueva Santa María mientras que la emigración varía del 1.6% en San Mateo al 7.8% en Nueva Santa María, lo cuál muestra las particularidades de estas localidades respecto de las tendencias generales de los municipios de ubicación de estas localidades en los que, como se ha señalado, la inmigración representa aproximadamente el 20%, mientras que la emigración oscila alrededor del 5% de la población total.

#### **IV.4.4 Población Económicamente Activa.**

La distribución de la Población Económicamente Activa (PEA) y, particularmente, de la PEA Ocupada (PO) por sector de actividad productiva constituye un indicador fundamental para el análisis de las condiciones socioeconómicas en el área de estudio y de influencia del proyecto de tal manera que, como en apartados anteriores, se partirá de la situación en el municipio de ubicación del Proyecto, Atotonilco de Tula, y en los municipios colindantes Tepeji del Río y Tula de Allende, para, posteriormente, analizar la distribución de la PEA en el área específica de estudio e influencia como una particularización de las condiciones a nivel municipal.

Cabe señalar que la definición censal de la PEA se refiere a las personas de 12 años y más que en la semana anterior a la aplicación del censo se encontraban ocupadas ó desocupadas; se podría considerar como el sector de la población real o potencialmente productivo. Por su parte, la Población Ocupada se refiere a las personas de 12 años o más que realizaron alguna actividad económica, al menos una hora en la semana anterior al levantamiento del censo a cambio de un sueldo, salario, jornal u otro tipo de pago en dinero o en especie. La amplitud de esta definición posibilita incluir personas subocupadas – lo cuál no es claramente detectado por el Censo--, de ahí que, como se observa en los cuadros informativos, no se presentan grandes diferencias cuantitativas entre la PEA y la PO y que la cantidad de personas desocupadas aparezca como mínima. De esta forma, la distribución y volumen de la PEA en el municipio de ubicación de proyecto, Atotonilco de Tula, es la siguiente:

**Participación económica en el municipio de Atotonilco de Tula año 2000.**

<b>Población Económicamente Activa</b>	<b>PEA Ocupada</b>	<b>PEA Desocupada</b>	<b>Población Económicamente Inactiva (PEI) (1)</b>
8,198 (33 % de la Población Total)	7,959 ( 97 % de la PEA)	192 (2.34% de la PEA)	9,703 (39 % de la Población. Total)

(1) De acuerdo a la definición censal, la PEI se conforma con las personas de 12 años y más que en la semana anterior al censo no realizaron alguna actividad económica ni buscaron trabajo

Fuente: SNIM: 7.0. INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). 2000.

Como complemento a la distribución de la PEA en el municipio se muestra su diferenciación por sexo:

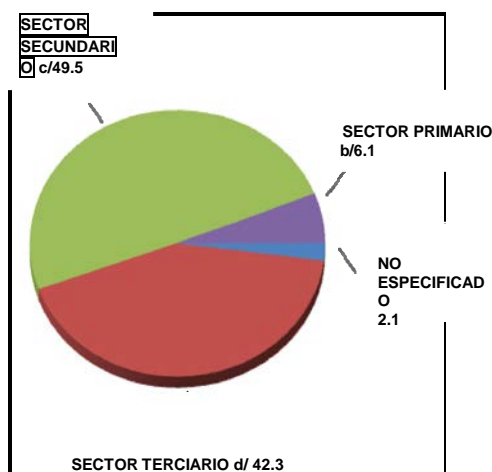
**PEA por sexo en el municipio de Atotonilco de Tula año 2000.**

Municipio (2000)	Población Económicamente Activa Total: 8,198 hab.		Población Económicamente Inactiva	No especificada
	Ocupada	Desocupada		
Hombres	5,874 (74%)	157 (82%)	2,785 (29%)	24 (51%)
Mujeres	2,085 (26%)	35 (18%)	6,918 (71%)	23 (49%)
<b>Total</b>	<b>7,959 (100%)</b>	<b>192 (100%)</b>	<b>9,703 (100%)</b>	<b>47 (100%)</b>

Fuente: INEGI. Hidalgo. XI y XII Censos Generales de Población y Vivienda 1990 y 2000. Tabulados Básicos.

Como se puede observar, existe una predominancia de los hombres en la PEA Ocupada (PO) y de las mujeres en la PEI con el 74 y 71% respectivamente.

**Porcentaje de Población Ocupada por sector de actividad, Atotonilco de Tula, 2000**



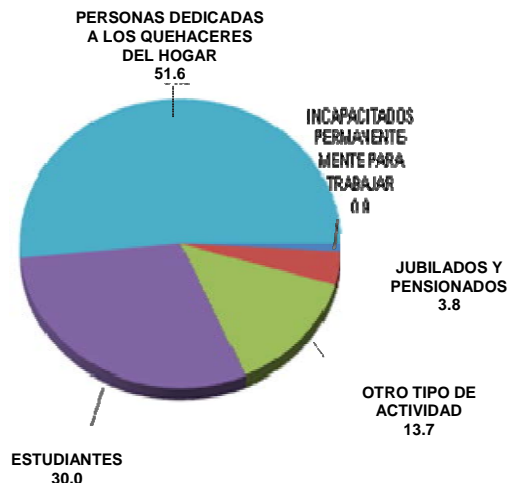
Fuente: INEGI. Hidalgo, XII Censo General de Población y Vivienda 2000; Tabulados Básicos. Tomo III

Ahora bien, en las gráficas y cuadros siguientes se muestra la distribución de la PO al interior del municipio de Atotonilco de Tula y, más adelante, de Tepeji y Tula teniendo presente que el sector **Primario** abarca la Agricultura, Ganadería, Aprovechamiento Forestal, Pesca y Caza; el **Secundario** la Minería, Industrias Manufactureras, Electricidad Agua y Construcción y el sector **Terciario** el Comercio, Transportes, Correos y Almacenamiento, Información en Medios Masivos, Servicios y Actividades Gubernamentales; cabe señalar que este último sector cubre actividades propias del subempleo, por lo que generalmente se haya sobredimensionado; de acuerdo a lo anterior, los sectores económicos predominantes en el municipio son el secundario y terciario con el 49.5 y 42.3 % de la PO con una participación marginal del sector primario.

A continuación se muestra gráficamente la distribución porcentual de la Población Económicamente Inactiva (PEI) ya que, dada su magnitud, es importante su consideración; se muestra sólo para el municipio de ubicación del proyecto (Atotonilco de Tula)

considerando su gran similitud con los municipios colindantes.

**Población Económicamente Inactiva por tipo de inactividad (Año 2000)**



Fuente: INEGI. Hidalgo, XII Censo General de Población y Vivienda 2000; Tabulados Básicos. Tomo III

**Población Económicamente Activa por grupo quinquenal de edad según sexo, Atotonilco de Tula.**

Grupo de Edad	Hombres		Mujeres	
		(%)		(%)
2000				
12 a 14 años	49	0.81	29	1.36
15 a 19 años	477	7.90	259	12.21
20 a 24 años	1009	16.73	422	19.90
25 a 29 años	1047	17.36	368	17.35
30 a 34 años	922	15.28	286	13.49
35 a 39 años	740	12.26	274	12.92
40 a 44 años	568	9.41	188	8.86
45 a 49 años	439	7.27	122	5.75
50 a 54 años	276	4.57	67	3.16
55 a 59 años	234	3.87	48	2.26
60 a 64 años	125	2.07	29	1.36
65 y mas años	145	2.40	28	1.32
<b>Total</b>	<b>6,031</b>	<b>100</b>	<b>2,120</b>	<b>100</b>

Fuente: INEGI. Hidalgo. XI y XII Censos Generales de Población y Vivienda 1990 y 2000. Tabulados Básicos.

Como se puede observar, el 51.6% de la PEI en el municipio se dedica a los trabajos domésticos, seguida por los estudiantes con un 30%, condición que es aplicable al área de estudio. Dada la importancia del municipio de Atotonilco de Tula sobre el área de estudio e influencia del proyecto, es conveniente analizar la distribución de su PEA por grupos. Por su parte, en el municipio de Tepeji del Río, se encuentra la siguiente distribución y volumen de la PEA y su proporción por sexo:



**Participación económica, Tepeji del Río, 2000**

Población Económicamente Activa	PEA Ocupada	PEA Desocupada	Población Económicamente Inactiva
24,329 (36 % del Total)	23,787 (98 % de la PEA)	418 ( 1.7 % de la PEA)	23,787 (35 % del Total)

Fuente: INAFED. Sistema Nacional de Información Municipal 7.0

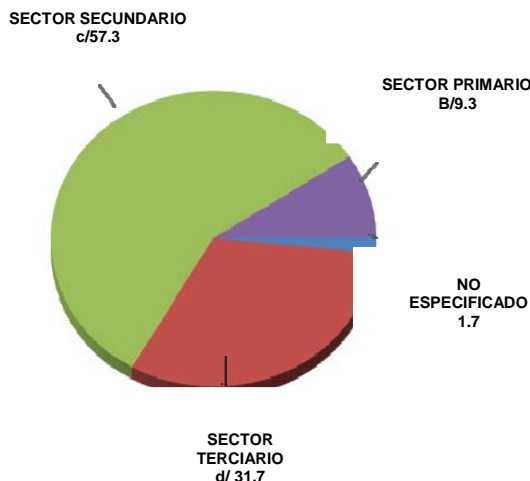
**Población Económicamente Activa por sexo en el municipio de Tepeji del Río.**

Municipio	Población Económicamente Activa Total (2000): 24,329		Población Económicamente Inactiva	No especificada
	Ocupada	Desocupada		
<b>2000</b>				
Hombres	16,470 (69 %)	327 (78 %)	6,657 (28%)	78 (63%)
Mujeres	7,317 (31 %)	91 (22 %)	17,130 (72%)	46 (37%)
<b>Total</b>	<b>23,787 (100%)</b>	<b>418 (100%)</b>	<b>23,787 (100%)</b>	<b>124 (100%)</b>

Fuente: INEGI. Hidalgo. XI y XII Censos Generales de Población y Vivienda 1990 y 2000. Tabulados Básicos.

La distribución de la PEA por sector de actividad económica en el municipio de Tepeji del Río se muestra gráficamente a continuación:

**Porcentaje de Población Ocupada por sector de actividad, Tepeji del Río, 2000.**



Fuente: INEGI. Hidalgo, XII Censo General de Población y Vivienda 2000; Tabulados Básicos. Tomo III

A fin de completar la información en torno a las condiciones de la ocupación en los municipios de influencia del proyecto, en seguida se muestra la distribución de la PEA e, igualmente, su proporción por sexo en el municipio de Tula de Allende con algunas consideraciones posteriores; de igual forma se expone la distribución de la PEA por sectores en dicho municipio:

**Participación económica, Tula de Allende, 2000**

Población Económicamente Activa	PEA Ocupada	PEA Desocupada	Población Económicamente Inactiva
29,798 (34.3 % de la Población. Total)	29189 (97.9 % de la PEA)	436(1.4 % de la PEA)	34561 (39.8 % de la Población Total)

Fuente: SNIM: 7.0. INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal).

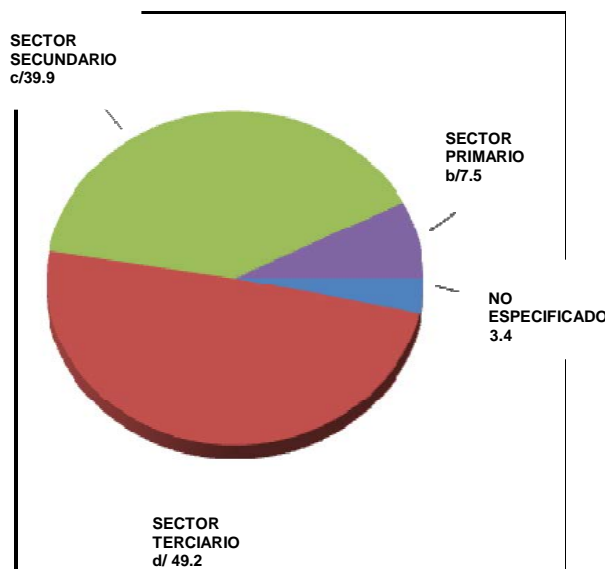
**PEA por sexo, Tula de Allende**

Municipio	Población Económicamente Activa Total (2000): 29,798		Población Económicamente Inactiva	No especificada
	Ocupada	Desocupada		
<b>2000</b>				
Hombres	20290 (69.5%)	334 (76.6%)	10225 (29.6%)	93 (53.8%)
Mujeres	8899 (30.5%)	102 (23.4%)	24336 (70.4%)	80 (46.2%)
<b>Total</b>	<b>29189 (100%)</b>	<b>436 (100%)</b>	<b>34561 (100%)</b>	<b>173 (100%)</b>

Fuente: INEGI. Hidalgo. XI y XII Censos Generales de Población y Vivienda 1990 y 2000. Tabulados Básicos.

Conforme a lo expuesto anteriormente, el porcentaje de la PEA respecto de la población total es similar en los tres municipios de influencia del proyecto aunque ligeramente menor en Atotonilco de Tula con el 33%. La ocupación es mayoritariamente masculina (entre el 69 y 74%) y la proporción de la PEI respecto del total es más elevada en Atotonilco y Tula (cerca del 40%) que en Tepeji (35%) siendo predominantemente femenina (más del 70%).

**Porcentaje de Población Ocupada por sector de actividad, Tula de Allende, 2000**



Fuentes: INEGI. Hidalgo, XII Censo General de Población y Vivienda 2000  
INEGI. Hidalgo, XII Censo General de Población y Vivienda 2000;  
Tabulados Básicos. Tomo III

Con las reservas ya señaladas respecto de los datos censales, es importante resaltar que el porcentaje más elevado de PEA desocupada se observa en el municipio de Atotonilco de Tula, con el 2.34% contra el 1.7% en Tepeji y el 1.4% en Tula; los datos anteriores, así como observaciones propias, indican que las condiciones más desfavorables de empleo y, en general de desarrollo socioeconómico en las áreas municipales consideradas, se observan en el municipio de ubicación del proyecto, de tal manera que la construcción y operación de la PTAR coadyuvaría en forma importante a mejorar los niveles de ocupación y las condiciones económicas y sociales del municipio.

Como se aprecia en las tablas presentadas, tanto en el municipio de Atotonilco como en el de Tepeji y Tula existe una predominancia del sector económico secundario y terciario mientras que el sector primario tiene una mínima participación.

La anterior distribución de la Población Ocupada se debe a la existencia de importantes zonas industriales en el municipio de Tepeji del Río, donde el sector secundario absorbe cerca del 60% de la PO, así como en el de Tula de Allende con la presencia de la cementera Cruz Azul (en el perímetro 3 de influencia del proyecto), la refinería Miguel Hidalgo de PEMEX y la Termoeléctrica Pérez Ríos de la CFE (fuera del área de influencia socioeconómica del proyecto) entre otras áreas industriales.

**Población Ocupada (PO) por sector económico en porcentaje**

Municipio	Sector Primario	Sector Secundario	Sector Terciario	No Especif.	Total	Total de PO (hab)
Atotonilco de Tula	6.1%	49.5%	42.3%	2.1%	100%	7,959
Tepeji del Río	9.3%	57.3%	31.7%	1.7%	100%	23,787
Tula de Allende	7.5%	39.9%	49.2%	3.4%	100%	29,189

El considerable peso del sector terciario en ambos municipios se debe a la importancia demográfica y económica (especialmente en el ámbito de los servicios) de sus respectivas cabeceras municipales, principalmente de la ciudad de Tula que, con una población de cerca de 40 mil habitantes en su zona conurbada, constituye el más importante polo de desarrollo en la región.

El municipio de Atotonilco de Tula por su parte se ve fuertemente influenciado por estos dos municipios colindantes al constituirse éstos en polos de atracción de flujos de mano de obra y de población abierta dado su mayor nivel de industrialización y de servicios; ahora bien, la predominancia del sector secundario en Atotonilco de Tula está dada por la existencia de 2 industrias metalúrgicas, 3 cementeras y 4 caleras (Plan Municipal de Desarrollo 2009-2012), así como diversas instalaciones para la trituración y procesamiento de materiales de construcción, una de ellas ubicada en el área de influencia del proyecto.

Paralelamente, el municipio de ubicación del proyecto muestra el más bajo porcentaje de ocupación en el sector primario, lo cuál se vincula con sus desfavorables condiciones para la producción agrícola con una mayor parte de suelos áridos y tan sólo el 14% de la superficie laborable con riego precario (Plan Municipal de Desarrollo 2009-2012), lo cuál explica en parte su menor nivel de desarrollo respecto de los municipios colindantes situación que, como se ha señalado, el proyecto coadyuvaría a revertir.

A este respecto, cabe señalar que la inversión inicial del proyecto, incluyendo sus obras complementarias y sin considerar los costos de operación, asciende a un total de \$9,549 millones de pesos (Estudio Socioeconómico de la construcción de la PTAR Atotonilco de Tula, 2008) durante 4 años de construcción, lo cual equivale a 5.23 veces el valor anual total de la producción bruta de los sectores secundario y terciario del municipio en 2003 y a 2.5 veces el valor anual de la producción agrícola de todo el estado de Hidalgo en 2003-2004; (INEGI, ‘Cuaderno Estadístico Municipal. Atotonilco de Tula’, 2005), lo que muestra la importancia del proyecto y la magnitud de su impacto económico y social no sólo a nivel municipal sino estatal, regional y nacional.

**Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Particular “Construcción y Operación del Proyecto Denominado la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR Atotonilco”**

La situación económica reseñada con anterioridad a nivel municipal se particulariza en las localidades del área de estudio (perímetro A) e influencia (Perímetros B, C y D) del proyecto con la siguiente distribución de la Población Económicamente Activa.

**Distribución de la Población Económicamente Activa (PEA) en las principales localidades del Perímetro A (Área de estudio del Proyecto)**

Localidad	PEA		PEI		PO		Sector Primario		Sector Secundario		Sector Terciario	
	hab	%	hab	%	hab	%	hab	%	hab	%	hab	%
San José Acoculco	203	37	168	31	197	36	20	10	140	71	32	16
San Antonio	193	33	169	29	190	33	30	16	118	62	39	20
<b>Total Perímetro A</b>	<b>396</b>	<b>35</b>	<b>337</b>	<b>30</b>	<b>387</b>	<b>34</b>	<b>50</b>	<b>13</b>	<b>258</b>	<b>67</b>	<b>71</b>	<b>18</b>
Melchor Ocampo (El Salto)	1239	35	1236	35	1222	35	236	19	610	50	355	29
Acoculco	65	42	51	33	64	41	3	5	47	73	14	22
Fracc. Presa Escondida	28	32	24	28	28	32	2	7	4	14	22	78
<b>Total Perímetro B</b>	<b>1332</b>	<b>35</b>	<b>1311</b>	<b>35</b>	<b>1314</b>	<b>35</b>	<b>241</b>	<b>18</b>	<b>661</b>	<b>50</b>	<b>391</b>	<b>30</b>
Conejos	1005	32	1257	40	987	31	84	9	468	47	416	42
Pueblo Nuevo	48	42	27	23	48	42	3	6	26	54	19	39
Monte Alegre	394	32	489	40	390	31	14	4	208	53	158	40
San Miguel Vindho	3577	34	4364	42	3540	34	84	2	1906	54	1385	39
Nva. Sta. María	201	35	209	36	196	34	4	2	94	48	95	48
Tianguistengo	1143	34	1126	33	1120	32	74	7	679	61	347	31
San Mateo	119	32	146	39	119	32	37	31	49	41	13	11
<b>Total Perímetro C</b>	<b>7511</b>	<b>39</b>	<b>7618</b>	<b>39</b>	<b>6400</b>	<b>33</b>	<b>300</b>	<b>5</b>	<b>3440</b>	<b>54</b>	<b>2433</b>	<b>38</b>
Tepeji del Río/ Tlaxinacalpan (Perímetro D)	<b>24205</b>	<b>36</b>	<b>23787</b>	<b>35</b>	<b>23787</b>	<b>35</b>	<b>2204</b>	<b>9</b>	<b>13620</b>	<b>57</b>	<b>7552</b>	<b>32</b>

Nota: Se consideran las cifras de población del Sistema Nacional de Información Municipal 7.0.

PEI: Población Económicamente Inactiva.

\* % Respecto de la población total; \*\* % Respecto de la PO (Población Ocupada). (Porcentajes redondeados).

Fuente: INAFED. Sistema Nacional de Información Municipal 7.0

La ocupación por sectores en el área de estudio e influencia socioeconómica del proyecto se resume de la siguiente forma:

Perímetro (PO)	Población	Sector Primario		Sector Secundario		Sector Terciario	
		Habitantes	%	Habitantes	%	Habitantes	%
A	387	50	13	258	67	71	18
B	1,314	241	18	661	50	391	30
C	6,400	300	5	3,440	54	2,433	38
D	23,787	2,204	9	13,620	57	7,552	32
<b>Total</b>	<b>31,888</b>	<b>2,795</b>	<b>9</b>	<b>17,979</b>	<b>56</b>	<b>10,447</b>	<b>33</b>

Porcentajes redondeados; Incluye 667 hab. no especificados. Fuente: INAFED, op. cit.

De esta manera, respecto de los municipios colindantes, en el área de estudio e influencia socioeconómica del proyecto se observa un incremento de las actividades primarias en los perímetros A y B, las cuáles ascienden hasta el 18% de la población ocupada, ello es debido a la importancia relativa de la agricultura en las localidades de San Antonio, El Salto y, particularmente, en el Ejido de Conejos dado que parte de su territorio se ubica en dichos perímetros.

El ejido de Conejos que cuenta con una superficie de 1,926 ha divididas en cuatro secciones dispersas con tierras principalmente de temporal, y 671 ejidatarios es el más importante en el área de estudio e influencia y se vincula con el proyecto, tanto geográfica como laboralmente, al incluir parte de la mano de obra y materiales por emplearse en la PTAR; tiene su propia unidad de producción de materiales de construcción con 63 empleados y en sus tierras agrícolas se cultiva principalmente maíz, frijol, alfalfa, cebada y trigo. Cabe señalar que La dotación de 1927 y la ampliación de 1939 del ejido Conejos, Hgo. era de 2,170 has. a las que se restan varias expropiaciones, en particular, las 158 has. para la PTAR, (ver Decreto de expropiación en el Diario Oficial de la Federación del 22 de septiembre de 2005); el resto de la información sobre el ejido fue proporcionada por el Presidente del Comisariado Ejidal.

Pese a las actividades agrícolas en el área de estudio e influencia, persiste aún –incluso en mayor grado que en los municipios en su conjunto--, la predominancia absoluta del sector secundario con el 56% de la población ocupada, particularmente con actividades relacionadas con la extracción y procesamiento de materiales de construcción; incluso, la ocupación en el sector secundario asciende al 67% en el área de estudio (perímetro A) dado que la mayor parte de su Población Ocupada trabaja en las industrias cercanas de los 3 municipios; hay que subrayar que este sector verá incrementado aún más su peso con la construcción de la PTAR.

De igual forma, en el área de estudio e influencia, se mantiene la importancia del sector terciario con el 33% de la Población Ocupada, aunque en menor grado que a nivel municipal ( $\pm$  41%), lo cual se relaciona con la ausencia de centros urbanos de importancia –a excepción de Tepeji del Río en el perímetro D--, y a un menor nivel de servicios, situación que se ejemplifica significativamente con el bajo nivel de ocupación terciaria en el área de estudio (perímetro A) con el 18%. Al igual que el sector secundario, el sector terciario se verá incrementado con las actividades complementarias y de apoyo requerida durante la construcción y operación del proyecto.

En relación con lo anterior, se estima que durante los 4 años de construcción del proyecto se generarán aproximadamente 10,000 empleos directos, de los cuáles cerca de 3,200 corresponderán a la obra civil, (Datos proporcionados por la sección 280 del Sindicato Nacional de Trabajadores Permisarios, SNTP, organización que cuenta con la titularidad del contrato para la construcción de la PTAR); tan sólo este último rubro representa el 39% de la PEA total del municipio de Atotonilco de Tula y el 9.5% de la PEA total del área de estudio y de influencia del proyecto, pudiéndose considerar este último porcentaje como la tasa de ocupación proyecto en su radio de influencia y en lo referente exclusivamente a la obra civil; de igual forma se estima que la implementación del proyecto generará aproximadamente 12,000 empleos indirectos, lo que muestra la magnitud de la derrama económica regional generada por la construcción de la PTAR.



#### IV.4.4 Marginación socioeconómica.

Dentro del análisis expuesto en los puntos anteriores, es de gran importancia considerar el grado de marginación socioeconómica que se observa en el área de estudio e influencia del proyecto dado que dicho grado se establece en función de un índice que considera las condiciones de vivienda, ingresos, educación, dispersión y hacinamiento de la población, lo cuál muestra y sintetiza la situación social y económica de la población en forma integral.

El Consejo Nacional de Población, a partir de dicho índice que contempla los aspectos señalados, establece 5 grados de marginación: Muy Bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy Alto para las condiciones socioeconómicas desfavorables. (Indicadores Socioeconómicos e Índice de Marginación Municipal, 1990). En los municipios de ubicación e influencia del proyecto se ha establecido la evolución del índice y grado de marginación.

**Índices de Marginación de los municipios colindantes con la PTAR Atotonilco, Hidalgo, del año 1980 al año 2005.**

Municipios	Índice de Marginación				
	1980	1990	1995	2000	2005
Atotonilco de Tula	-11.910	-1.036	-1.258	-1.127	-1.062
Tepeji de Río	-10.850	-0.919	-0.877	-1.045	-1.073
Tula de Allende	-16.940	-1.393	-1.422	-1.396	-1.379

Fuente: CONAPO (Consejo Nacional de Población). Población total, indicadores socioeconómicos, índice y grado de marginación por localidad, 1980-2005.

**Grado de Marginación de los municipios colindantes con la PTAR Atotonilco, Hidalgo, 1980-2005.**

Municipios	Grado de Marginación				
	1980	1990	1995	2000	2005
Atotonilco de Tula	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Tepeji de Río	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Tula de Allende	Medio	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo

Fuente: CONAPO (Consejo Nacional de Población). Población total, indicadores socioeconómicos, índice y grado de marginación por localidad, 1980-2005.

Como se puede apreciar, a partir de 1990 se ha mantenido un grado de marginación Bajo en los municipios de Atotonilco y Tepeji, lo cuál indica condiciones adecuadas de bienestar, observándose incluso una mejoría en el municipio de Tula que, a partir de 1995 y hasta el 2005 muestra un grado de marginación Muy Bajo; sin embargo, a fin de particularizar estas condiciones socioeconómicas –dado que la información municipal constituye un promedio--, en la Tabla 95 se muestran las condiciones de marginación específicas en el área de estudio e influencia del proyecto; para ello se expone el porcentaje de población referido a algunos indicadores socioeconómicos seleccionados que forman parte del índice y grado de marginación.

A diferencia del grado de marginación a nivel municipal -Bajo y Muy Bajo-, en el área de estudio del proyecto se encuentran 2 localidades colindantes (San José y El Portal) con un grado de marginación Medio y que muestran importantes deficiencias en educación, servicios y condiciones de la vivienda; paralelamente la localidad colindante de San Antonio tiene un grado de marginación Alto, lo cuál, entre otras carencias, se ejemplifica con el 31% de la población mayor de 15 años sin primaria completa, más de la mitad de las viviendas sin drenaje ni excusado, ni refrigerador y con hacinamiento .

**Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Particular “Construcción y Operación del Proyecto Denominado la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR Atotonilco”**

Se considera una situación de hacinamiento cuando la vivienda es de un tamaño inadecuado a las necesidades de sus ocupantes y cuando en un cuarto de dimensiones mínimas duermen más de dos personas (CONAPO, op. cit.).

Estas condiciones de marginación en las localidades colindantes al proyecto fueron corroboradas en los recorridos de campo y entrevistas a su población y autoridades quienes manifiestan serias carencias de los servicios educativos y de salud; así, por ejemplo, en la comunidad de San Antonio sólo se cuenta con una escuela de preescolar y una primaria al igual que en San José Acoculco, aunque si bien en esta última se cuenta con una telesecundaria; por su parte la localidad de El Portal no cuenta con servicios educativos. El servicio de salud en las localidades del área es de consulta intermitente a través de una casa de salud de la Secretaría de Salud local por lo que para atención médica la población tiene que movilizarse a las cabeceras municipales.

**Grado de marginación en las localidades colindantes con la PTAR Atotonilco (Área de estudio)**

Localidad	Habitantes	Población de 15 años ó + analfabeta	años ó + s/ primaria	Viviendas s/drenaje ni excusado	Viv. s/ energía eléctrica	Viv. sin agua entubada	Viv. con algún nivel de hacinamiento	Viv. Con piso de tierra	Viv. Sin refrigerador	índice de marginación	Grado de marginación
<b>Perímetro A</b>											
San José Acoculco	461	9.51	33.93	15.53	0.97	11.65	39.81	0.97	35.92	-0.9881	<b>Medio</b>
San Antonio	667	4.98	31.06	54.07	2.96	12.78	55.56	10.45	54.81	-0.5980	<b>Alto</b>
<b>Perímetro B</b>											
El Portal	85	1.85	11.76	68.42	5.26	31.58	52.63	15.79	42.11	-0.7396	<b>Medio</b>
Melchor Ocampo	4,179	5.32	26.16	6.50	3.67	11.85	30.75	4.21	26.73	-1.2294	<b>Bajo</b>
Acoculco Dos Peñas	123	8.00	31.08	34.48	41.38	82.76	34.48	6.90	34.48	-0.5119	<b>Alto</b>
Fracc. Presa Escondida	39	0.00	0.00	0.00	0.00	64.29	7.14	0.00	14.29	-1.6755	<b>Muy Bajo</b>
<b>Perímetro C</b>											
Conejos	3,613	6.27	23.43	12.30	3.17	11.29	26.46	5.14	25.09	-1.2522	<b>Bajo</b>
Acoculco	189	6.25	30.47	4.65	0.00	20.93	39.53	6.98	18.60	-1.1552	<b>Bajo</b>
Pueblo Nuevo	40	10.71	32.14	27.27	18.18	36.36	27.27	9.09	45.45	-0.7389	<b>Medio</b>
Monte Alegre	1,460	3.26	20.38	6.67	1.94	79.55	30.00	2.80	18.61	-1.1694	<b>Bajo</b>
San Miguel Vindho	10,737	2.93	15.35	2.83	1.78	21.64	15.06	1.31	11.36	-1.5645	<b>Muy Bajo</b>
Nva. Sta. María	725	0.96	7.80	1.09	3.28	30.60	22.95	3.28	12.57	-1.5627	<b>Muy Bajo</b>
Tianguistengo	3,909	5.29	22.24	5.83	2.47	15.39	40.36	4.83	26.23	-1.2050	<b>Bajo</b>
San Mateo	25	5.88	29.41	28.57	0.00	28.57	28.57	0.00	42.86	-0.9971	<b>Medio</b>
<b>Perímetro D</b>											
Tepeji del Río	32,541	3.82	14.89	1.49	1.62	5.70	26.34	1.74	17.34	-1.5064	<b>Muy Bajo</b>

Fuente: CONAPO. Población total, indicadores socioeconómicos, índice y grado de marginación por localidad

De acuerdo a la tabla anterior, las localidades del área de influencia del proyecto, muestran un grado de marginación similar al del nivel municipal (Bajo y Muy Bajo), aunque si bien, existe una localidad (Dos Peñas) con marginación alta y dos con marginación media (Pueblo Nuevo y San Mateo), las cuáles adolecen de carencias significativas; se estima que la derrama económica generada por la construcción y operación de la PTAR posibilitará una reducción significativa del grado de marginación de las localidades circundantes.

#### **IV.4.5 Factores socioculturales**

Tal y como se señaló al inicio de la presente sección referida al medio socioeconómico, es en las localidades del área de estudio socioeconómica, la cuál se ha denominado perímetro A, en donde se ha enfocado la mayor parte de la investigación de campo y, a partir de ella y de la información expuesta en los puntos anteriores, a continuación se desarrollan algunos aspectos socioculturales relacionados con el proyecto.

En primer lugar se expone un aspecto esencial para el desarrollo del proyecto y que determina su viabilidad: la actitud o nivel de aceptación de la población a la construcción y puesta en marcha de la PTAR (punto expuesto en el capítulo 8); en segundo término se aborda la presencia de población indígena; la valoración comunitaria de algunos sitios en el área de estudio y, por último, se expone el patrimonio histórico y arqueológico observado en dicha área, aspectos de fundamental importancia para la evaluación global del proyecto.

#### **IV.4.5 Población Indígena y valoración comunitaria de sitios en municipios y área de estudio.**

La población indígena en los municipios de influencia del proyecto, considerando para su identificación, el criterio censal del habla de alguna lengua indígena, muestra la

**Población indígena en municipios de influencia del proyecto.**

<b>Municipio</b>	<b>Población total (año 2000)</b>	<b>Población hablante de lengua indígena</b>	<b>%</b>
Atotonilco de Tula	24,848	89	0.35%
Tepeji del Río	67,858	3,447	5.12%
Tula de Allende	86,840	525	0.60%
<b>Total</b>	<b>179,546</b>	<b>4,061</b>	<b>2.26%</b>

Fuente: INEGI. Hidalgo, XII Censo General de Población y Vivienda 2000; Tabulados Básicos. Tomo I.

Tal y como se muestra en la tabla anterior, la población indígena en los municipios de influencia del proyecto apenas supera el 2% del total, teniendo una cierta presencia en el municipio de Tepeji del Río con poco más del 5%, --aunque si bien, fuera del área de estudio--, siendo los grupos étnicos principales el Otomí (77%), Náhuatl (12%) y Zapotecos (5%); sin embargo en el municipio de ubicación del proyecto, Atotonilco de Tula, la población indígena no tiene una presencia significativa pues representa tan sólo el 0.35% y en el área de estudio no se cuenta con dicha población, lo cual fue manifestado por los pobladores.

Pese a la inexistencia de población indígena en el área, en los diversos trabajos y entrevistas de campo se detectaron algunas características y valores que podrían tener algún origen indígena tales como un alto grado de cohesión social en las localidades del área de estudio y que se ha consolidado con las demandas formuladas --y expuestas con anterioridad-- frente a la puesta en marcha de la PTAR, lo cuál a su vez ha generado, por

parte de la población, una revaloración de sus propias comunidades, de sus sitios y servicios públicos y de la acción colectiva.

Algunos ejemplos de la valoración de la población por sus recursos culturales y sitios comunitarios y que coadyuvan a la cohesión social se observan en

- 1) El carácter eminentemente comunitario de las demandas planteadas en relación con la PTAR;
- 2) La actitud de colaboración manifestada frente al desarrollo del proyecto, la cual muestra un apoyo por los beneficios económicos que se esperan pero, paralelamente, plantea requerimientos sociales para toda la población;
- 3) La participación y celebración de festividades civiles y religiosas --como la de los Santos Patronos de las comunidades de San José y San Antonio-- y
- 4) La participación en asambleas y reuniones en torno a problemas de fuerte interés comunitario.

#### **IV.5 Patrimonio histórico y arqueológico en el área de estudio**

En el área de estudio se encuentran algunos sitios de valor para las comunidades colindantes, por lo que se refiere al Patrimonio histórico y arqueológico propiamente dicho, el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) realizó en 2001 una inspección arqueológica reseñada en el oficio de autorización para la construcción de la planta de tratamiento El Salto, la cuál quedaría ubicada en el mismo sitio que se propone en este estudio de la PTAR—Atotonilco, por lo que sus observaciones y consideraciones son aplicables al proyecto actual.

La Dirección de Salvamento Arqueológico del INAH, emitió un oficio con el número 401-43/650 del 2 de julio del 2001 en el que reseñó la inspección arqueológica 97-31 y se autorizó la construcción de la Planta de Tratamiento de aguas residuales El Salto la cuál se ubicaría en terrenos del Ejido Conejos, Mpio. de Atotonilco de Tula, Hgo., al norte del portal de salida del túnel emisor central que, corresponde al mismo sitio del proyecto actual.

De acuerdo a la inspección del INAH, en el sitio de ubicación de la PTAR se encontraron restos dispersos de cerámica tipo teotihuacano y que se encuentran diseminadas en toda la región; igualmente se hace referencia al registro de un sitio arqueológico en la parte del canal Tlamaco y a la existencia, fuera del predio de la PTAR pero dentro del área de estudio, de un tramo de 5 arcos de un acueducto colonial que fue destruido parcialmente por las obras del emisor central en su portal de salida.

Con base en lo anterior, el INAH expidió su correspondiente autorización con algunas condicionantes tales como el cuidado de lo reseñado, la realización de labores de investigación y supervisión de la obra, entre otras; por lo que se refiere a las partes restantes del área de estudio y a las localidades colindantes, no se tiene registro ni fueron detectados vestigios y/o monumentos histórico- artísticos o arqueológicos que pudieran considerarse como patrimonio histórico.

## **IV.6 Diagnóstico ambiental General**

Las actividades productivas han afectado de manera notoria las condiciones ecológicas de la región en donde existe una grave deforestación y erosión de suelo que afecta casi el 65 % del territorio.

Dado que la problemática ecológica tiene agentes causales múltiples, los efectos ambientales resultantes son de tipo sinérgico y aquello que afecte a un componente ecológico del territorio, afectará de manera implícita a otros elementos del entorno ambiental, lo que de manera directa o indirecta incidirá a su vez en la calidad de vida de sus habitantes a corto o mediano plazo. (De manera específica en este estudio, se entiende como calidad de vida, al conjunto de las condiciones particulares de desarrollo socioeconómico de una entidad social específica ya sea, ejido comunidad, localidad o municipio).

La situación real es que la ocupación social del espacio no planificado y el incremento de actividades productivas altamente dañinas para el medio natural, han ocasionado de manera concreta una problemática ecológica galopante que se puede señalar de manera general de la siguiente forma:

- Alteración de hábitats y ecosistemas naturales terrestres y acuáticos
- Erosión intensiva
- Pérdida de biodiversidad y afectación de flora y fauna
- Cambio drástico de uso del suelo de forestal
- Cambio drástico de suelo agrícola y pecuario
- Contaminación de cuerpos de agua
- Contaminación del suelo
- Contaminación del aire
- Disposición inadecuada de residuos sólidos municipales
- Contaminación del subsuelo
- Asentamientos humanos irregulares
- Apertura de basureros a cielo abierto sin control
- Urbanización mal planificada
- Desarrollos habitacionales en lugares inapropiados
- Déficit de servicios básicos
- Crecimiento poblacional galopante

## **IV.7 Síntesis del inventario**

La problemática señalada, se debe a que nunca fue considerada, la variable ambiental dentro del contexto del desarrollo sustentable, ni se asumieron medidas específicas de protección ecológica, esto aunado a la falta de aplicación de políticas públicas ambientales para el uso adecuado del suelo y de regulación de las actividades productivas, se tradujo



en cambios drásticos en los biotopos, hábitats y ecosistemas del municipio que de manera sinérgica han provocado el deterioro del medio natural en general



# CAPITULO V IDENTIFICACIÓN DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS

---





## **Contenido**

V.1. Metodología para Identificar y Evaluar los Impactos Ambientales.....	4
V.2. Matriz de Interacciones para la Identificación de Impacto .....	5
V. 3. Calificación de Impactos .....	8
V. 4 Conclusiones .....	12

## V. Capítulo V. Identificación Descripción y Evaluación de Impactos

---

Habiendo mencionado previamente en el Capítulo II que en el año 2008, la Dirección General de Impacto Ambiental (DGIRA) autorizó en materia de impacto ambiental, el proyecto denominado “**Proyecto para la construcción del Túnel Emisor Oriente, para incrementar la capacidad de desalojo de aguas residuales y pluviales del Valle de México y disminuir los riesgos de inundación a la población asentada en la zona**” a través del oficio resolutivo número **S.G.P.A./DGIRA.DG.1908.08** con fecha del 18 de junio del 2008, y que en dicho oficio resolutivo la DGIRA indicó la necesidad de ampliar la capacidad de tratamiento proyectada, para las 5 plantas de tratamiento propuestas; en el **Termino Octavo, inciso 2** que a la letra dice:

*“2.-Conforme a lo manifestado en la MIA-P e Información Complementaria, se tiene contemplado(sic) la construcción y operación de 5 plantas de tratamiento para un volumen de 54m<sup>3</sup>/seg, sin embargo esta capacidad no es suficiente por lo que deberá la promovente proponer a esta DGIRA previo a la entrada de operación del proyecto, alternativas para ampliar la capacidad proyectada de las mismas, en específico la de El Salto, para tratar al menos la descarga promedio anual de agua residual manifestada de 52 m<sup>3</sup>/seg.”*

Con base en lo anterior la **Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)** en cumplimiento al Termino Octavo inciso 2 mencionado, ingresó al proceso de evaluación de impacto ambiental el 15 de julio del 2010, la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad particular y el Estudio de Riesgo, Nivel 2, del proyecto denominado: “**La obra que da cumplimiento a lo dispuesto en la condicionante número dos del Resolutivo de la Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto Túnel Emisor Oriente**”, proyecto al que se le asignó la clave **13HI2010H0006**; mismo que fue evaluado y autorizado mediante el oficio resolutivo número, **S.G.P.A.-DGIRA.-DG.6159.10.** con fecha del 26 de agosto del 2010.

Por lo anterior cabe mencionar que las etapas de Preparación del Sitio, así como muchas de las obras y actividades, de la etapa de Construcción, ya han sido realizadas, al amparo del resolutivo **S.G.P.A.-DGIRA.-DG.6159.10.**

Sin embargo la empresa **ATVM** de México ingresó a DGIRA el escrito número **ATVM/SEMARNAT/330.2012**, con fecha del 22 de agosto del 2012, mediante el cual solicitó la ampliación de la vigencia establecida en el oficio resolutivo **S.G.P.A.-DGIRA.-DG.6159.10.** con fecha del 26 de agosto del 2010, para la realización de las obras de Preparación del Sitio y Construcción del proyecto; y debido a que dicha solicitud de ampliación de vigencia ingresó de manera extemporánea,

la DGIRA no se pudo pronunciar con respecto a **la ampliación de la vigencia de la autorización de impacto ambiental para las etapas de preparación del sitio y**

**construcción;** mediante el oficio resolutivo número S.G.P.A./DGIRA/DG/9167 con fecha del 14 de noviembre del 2012.

Por lo que ha sido necesario, preparar un nuevo estudio de impacto ambiental con el propósito de solicitar nuevamente la autorización de impacto ambiental para las etapas de construcción y operación de la PTAR Atotonilco; considerando que la etapa de preparación del sitio ya ha sido concluida al amparo del oficio resolutivo número **S.G.P.A.-DGIRA.-DG.6159.10.** con fecha del 26 de agosto del 2010.

Por lo anteriormente mencionado, a continuación se evalúan los impactos derivados de las actividades de construcción y operación del proyecto.

### Evaluación del Impacto Ambiental

Existen numerosas técnicas para la identificación y evaluación de las interacciones proyecto-entorno, sin embargo, cualquier evaluación de impacto ambiental debe describir la acción generadora del impacto, predecir la naturaleza y magnitud de los efectos ambientales en función a la caracterización del Medio Natural, interpretar los resultados y prevenir los efectos negativos en el mismo.

Por lo anterior, se desarrolló una metodología que garantice la estimación de los impactos provocados por la ejecución del proyecto y que permita reducir en gran medida la subjetividad en la detección y valoración de los impactos ambientales generados por el proyecto, derivando de ello el análisis permitió determinar las afectaciones y modificaciones que se presentarán sobre los componentes ambientales del medio natural, así como su relevancia en términos de la definición de impacto ambiental relevante conforme a la fracción IX del Artículo 3 del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA) que a la letra dice:

*“IX. Impacto ambiental significativo o relevante: Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales”*

## **V.1. Metodología para Identificar y Evaluar los Impactos Ambientales**

La metodología que se utilizó se describe a continuación; La etapa inicial consiste en.

- La aplicación de matrices de interacciones:
- Se asocian los efectos negativos o impactos, a los diferentes tipos de uso de suelo que los generan.
- Se listan los elementos bióticos y abióticos que integran el medio natural
- Los componentes ambientales se interrelacionan con las políticas de uso de suelo (acciones), que generan una incidencia (efecto) por el uso de alguno de los componentes ambientales.
- Cada incidencia consiste en un impacto al medio natural



- Cada impacto ambiental se caracteriza en base a los nueve atributos propuestos por Gómez Orea (2003)
- Se determina si dicha acción y por tanto la política de uso de suelo para ese polígono, puede tener efectos negativos considerados como impactos ambientales.

Con los pasos anteriores se identifican las fuentes de impacto ambiental (políticas y usos de suelo), así como los componentes ambientales que pueden ser impactados.

## V.2. Matriz de Interacciones para la Identificación de Impacto

A continuación se presentan los conceptos utilizados en la matriz de interacciones, en la que se indican los componentes ambientales y los impactos tipo relacionados a cada componente ambiental en específico:

<b>COMPONENTE AMBIENTAL</b>	<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>
<b>AIRE</b>	Degradación de la calidad fisicoquímica del aire
	Modificación de la calidad fisicoquímica del aire
	Modificación del microclima
	Contaminación por ruido
<b>SUELO</b>	Perdida de suelo por Erosión
	Contaminación del suelo
	Degradación de la calidad fisicoquímica del suelo
	Alteración de la estabilidad de taludes
	Modificación de las características de la geomorfología superficial, del suelo.
<b>HIDROLOGIA</b>	Alteración patrón hidrológico superficial y subterráneo
	Degradación de la calidad fisicoquímica de las aguas superficiales
	Degradación de la calidad fisicoquímica de las aguas superficiales
	Disminución de los niveles freáticos
	Modificación de los patrones de escurrimiento
<b>FLORA</b>	Disminución de la cubierta vegetal
	Disminución de especies dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.
	Degradación de la estructura de las comunidades o asociaciones vegetales
	Modificación de la estructura de las comunidades o asociaciones vegetales
	Disminución de la presencia de especies endémicas
	Degradación de los procesos ecológicos derivados del funcionamiento de corredores biológicos
<b>FAUNA</b>	Disminución de la diversidad y abundancia
	Disminución de la presencia de especies dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010
	Disminución de la presencia de especies endémicas
	Degradación de los procesos ecológicos derivados del funcionamiento de corredores biológicos
<b>HABITAT</b>	Pérdida de hábitat
	Degradación del entorno natural derivado de un evento de riesgo
<b>SOCIO ECONÓMICOS</b>	Generación de empleos directos e indirectos
	Incremento de la oferta turística
	Incremento en la calidad de vida

	Incremento en el valor del suelo
	Incremento de la inversión

Variables consideradas en la matriz de interacciones

En la siguiente tabla se muestran las obras y actividades necesarias para desarrollar el proyecto:

<b>OBRAS Y ACTIVIDADES A DESARROLLAR</b>	
<b>ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION</b>	Obra civil
	Instalaciones electromecánicas
	Caminos de acceso y vialidades
	Movimiento de maquinaria
	Movimiento de vehículos y personal
	Obras complementarias
<b>ACTIVIDADES DE OPERACIÓN</b>	Tratamiento de agua residual
	Co-generación
	Generación de lodos y monorrelleno
	Manejo de químicos
	Mantenimiento de instalaciones

- Se identifican las interacciones entre las diferentes obras y/o actividades y los impactos relacionados a dichas actividades, a fin de determinar el número de veces que se identifica el impacto asociado a un componente ambiental dado, es decir la “frecuencia del impacto” (f), donde la (f) está dada por el número de veces que se repite un mismo impacto ambiental sobre el mismo componente ambiental.
- Para concluir con la etapa de identificación, se suma el número de impactos que genera cada una de las actividades sobre cada componente ambiental, con lo que obtienen valores que reflejan cuales son los componentes ambientales, con mayor incidencia de efectos negativos o impactos ambientales.

Una segunda etapa consiste en la realización de un cribado de la información obtenida, como se indica a continuación:

- Después de identificar las interacciones entre el medio natural y los impactos tipo potenciales, se realiza una depuración eliminando del análisis aquellas relaciones que no presentaron interacción o incidencia.
- Se eliminan los impactos que presentaron interacción no significativa (frecuencia menor a 1).

**TABLA DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS (CRIBADO)**

ETAPAS DEL PROYECTO	ACTIVIDADES REQUERIDAS PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO	Componentes Ambientales																									
		AIRE				SUELO				HIDROLOGÍA				VEGETACIÓN				FAUNA		HABITAT		SOCIOECONOMICOS					
ACTIVIDADES DE OPERACION	Obras complementarias	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Tratamiento de agua residual									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Co-generación					X																		X	X	X	X
	Generación de lodos																							X	X	X	X
	Manejo de químicos																							X	X	X	X
	Mantenimiento de instalaciones																			X	X	X	X	X	X	X	X
	NUMERO DE IMPACTOS AMBIENTALES POR IMPACTO	2	2	3	4	4	3	2	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	10	11	11	11	11
	NUMERO DE IMPACTOS AMBIENTALES POR COMPONENTE AMBIENTAL	11				16				12				36				18		15		55					

Como se puede apreciar en la gráfica anterior se identificaron un total de 163 interacciones y potenciales impactos entre las obras y actividades que se llevarán a cabo durante la construcción y operación del proyecto y los diferentes componentes del medio natural, de los anteriores se han detectado como se indica a continuación:

- 11 para el componente Aire
- 16 para el componente Suelo
- 12 para el componente Hidrología
- 36 para el componente Vegetación
- 18 para el componente Fauna
- 15 para el componente Hábitat
- 55 para el componente Socioeconómico.

Una vez identificados los posibles impactos es necesario llevar a cabo la jerarquización de los mismos con la finalidad de determinar los impactos significativos o relevantes.

### V. 3. Calificación de Impactos

- Los impactos, y asociados, restantes son calificados para determinar la relevancia de los mismos para el proyecto en particular.
- Caracterizar y calificar el impacto de manera integral, tomando en cuenta los atributos propuestos por Gómez Orea (2003) tomados del reglamento que se utiliza actualmente en la Comunidad Económica Europea.

Estos atributos y sus valores asignados se listan a continuación:

ATRIBUTO	CARÁCTER	DEFINICIÓN	RANGO
Signo del Efecto	Positivo	Se refiere a la consideración de benéfico o perjudicial que merece el efecto al medio ambiente a la comunidad técnico científica y a la población en general	Positivo
	Negativo		Negativo
Inmediatez	Indirecto	El efecto indirecto o secundario es el que deriva de un efecto primario	1
	Directo	El efecto directo o primario es el que tiene repercusión inmediata en algún factor ambiental	3
Acumulación	Simple	Efecto simple es el que se manifiesta en un solo componente ambiental y no induce efectos secundarios ni acumulativos ni sinérgicos	1
	Acumulado	Efecto acumulativo es el que incrementa progresivamente su gravedad cuando se prolonga la acción que lo general	3
Sinergia	Sinérgico leve o nulo	El efecto no es mayor que la suma de las partes	1
	Sinérgico medio	Efecto sinérgico significa reforzamiento de efectos simples, se produce cuando la coexistencia de varios efectos simples supone un efecto mayor que su suma simple	2
	Sinérgico fuerte		3
Momento	Corto plazo	Efecto a corto o medio plazo es el que se manifiesta en un ciclo anual	1
	Mediano Plazo		2
	Largo Plazo	El efecto que se manifiesta en un ciclo anual, antes de cinco años o en un período mayor respectivamente	3
Persistencia	Temporal	El efecto temporal permanece un tiempo determinado	1
	Permanente	El efecto permanente supone una alteración de duración indefinida	3
Reversibilidad	Reversible	El efecto reversible es el que puede ser asimilado por los procesos naturales	1
	Irreversible	El efecto irreversible sólo puede serlo después del largo plazo	3
Recuperabilidad	Fácilmente recuperable	El efecto que puede eliminarse o reemplazarse por la acción natural o humana	1
	Medianamente recuperable		2
	Difícilmente recuperable	El efecto que no puede eliminarse o reemplazarse por la acción natural humana	3
Continuidad	Discontinuo	Es el efecto que se manifiesta de una manera esporádica, irregular o discontinua	1
	Continuo	Es el efecto que produce una alteración constante en el tiempo	3

Atributos que caracterizan al impacto y las calificaciones asociadas

En esta metodología la importancia del impacto se define por la suma de las calificaciones que se obtienen a través de la aplicación y tratamiento de los criterios de calificación del impacto, dicha sumatoria se multiplica por la frecuencia del impacto (el número de veces que ocurre el impacto, relacionado con un componente dado) durante el desarrollo de las políticas de uso de suelo el proyecto comprende.

Para determinar los impactos relevantes, se consideran en este punto sólo las calificaciones finales que se encuentran por encima de la media, incluyendo los valores de las calificaciones de todos los impactos calificados.

Así se consigue determinar los impactos relevantes, conforme a lo que se define en el artículo 3ro. del reglamento en materia de evaluación del impacto ambiental de la LGEEPA en su fracción IX

*“IX. Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como a continuidad de los procesos naturales.”*

Una vez que se han identificado las interacciones, se realiza el cribado de las mismas, obteniendo una matriz en la que solo se tienen los impactos que se deben caracterizar y valorar.



**CALIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS**

	IMPACTOS AMBIENTALES	Atributos										CALIFICACIÓN DEL IMPACTO	PUNTOS POR COMPONENTE AMBIENTAL			
		Signo del efecto	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad	Importancia del Impacto			Frecuencia del Impacto		
AIRE	Degradación de la calidad fisicoquímica del aire	Neg	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Neg	8	2	16	88
	Modificación de la calidad fisicoquímica del aire	Neg	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Neg	8	2	16	
	Modificación del microclima	Neg	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Neg	8	3	24	
	Contaminación por ruido	Neg	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Neg	8	4	32	
SUELO	Perdida de suelo por Erosión	Neg	3	3	3	1	1	1	2	1	1	Neg	15	4	60	180
	Degradación de la calidad fisicoquímica del suelo	Neg	1	1	1	1	1	1	2	1	1	Neg	9	3	27	
	Alteración de la estabilidad de taludes	Neg	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Neg	8	2	16	
	Modificación de las características de la geomorfología superficial, del suelo	Neg	1	3	1	1	1	1	2	1	1	Neg	11	7	77	
HIDROLOGIA	Alteración patrón hidrológico superficial y subterráneo	Neg	1	1	2	2	3	3	1	3	1	Neg	16	6	96	192
	Modificación de los patrones de escurrimiento	Neg	1	1	2	2	3	3	1	3	1	Neg	16	6	96	
VEGETACIÓN	Disminución de la cubierta vegetal	Neg	3	1	1	1	1	1	1	1	1	Neg	10	6	60	360
	Disminución de individuos de especies dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010	Neg	3	1	1	1	1	1	1	1	1	Neg	10	6	60	
	Degradación de la estructura de las comunidades o asociaciones vegetales	Neg	3	1	1	1	1	1	1	1	1	Neg	10	6	60	
	Modificación de la estructura de las comunidades o asociaciones vegetales	Neg	3	1	1	1	1	1	1	1	1	Neg	10	6	60	
	Degradación de los procesos ecológicos derivados del	Neg	3	1	1	1	1	1	1	1	1	Neg	10	6	60	
	Disminución de la presencia de individuos de especies endémicas	Neg	3	1	1	1	1	1	1	1	1	Neg	10	6	60	
HABITAT	Pérdida de hábitat	Neg	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Neg	8	5	40	160
	Posible degradación del entorno natural derivado de un evento de riesgo	Neg	3	1	3	1	1	1	1	1	1	Neg	12	10	120	
SOCIOECONÓMICO	Generación de empleos directos e indirectos	Pos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Pos	24	11	264	1320
	Incremento de la demanda de alojamiento y servicios de alimentación	Pos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Pos	24	11	264	
	Incremento en la calidad de vida	Pos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Pos	24	11	264	
	Incremento en el valor del suelo	Pos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Pos	24	11	264	
	Incremento de la inversión	Pos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Pos	24	11	264	
SUMATORIA DE LAS CALIFICACIONES DE LOS IMPACTOS														<b>2300</b>		

Como se muestra a continuación, de la aplicación de los criterios para la caracterización, evaluación y calificación de los impactos ambientales se determinó que los impactos alcanzaron las siguientes calificaciones:

Degradación de la calidad fisicoquímica del aire	16
Modificación de la calidad fisicoquímica del aire	16
Alteración de la estabilidad de taludes	16
Modificación del microclima	24
Degradación de la calidad fisicoquímica del suelo	27
Contaminación por ruido	32
Pérdida de hábitat	40
Perdida de suelo por Erosión	60
Disminución de la cubierta vegetal	60
Disminución de individuos de especies dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010	60
Degradación de la estructura de las comunidades o asociaciones vegetales	60
Modificación de la estructura de las comunidades o asociaciones vegetales	60
Degradación de los procesos ecológicos derivados del funcionamiento de corredores biológicos	60
Disminución de la presencia de individuos de especies endémicas	60
Posible degradación del entorno natural derivado de un evento de riesgo.	120
Generación de empleos directos e indirectos	264
Incremento de la demanda de alojamiento y servicios de alimentación	264
Incremento en la calidad de vida	264
Incremento en el valor del suelo	264
Incremento de la inversión	264

Cuando se saca la media de los valores obtenidos a través de la calificación de los impactos se puede encontrar que:  $2300/23=100$ ; la media es el número que tomaremos como referencia para determinar los impactos significativos o relevantes, donde aquellos impactos identificados por encima de este valor serán considerados como impactos relevantes, lo que nos lleva a la siguiente lista de impactos relevantes:

IMPACTOS RELEVANTES	CALIFICACIÓN POR ENCIMA DE LA MEDIA	SIGNO DEL EFECTO
Posible degradación del entorno natural derivado de un evento de riesgo	120	Negativo
Incremento de la demanda de alojamiento y servicios de alimentación	264	Positivo
Incremento en la calidad de vida	264	Positivo
Incremento en el valor del suelo	264	Positivo
Incremento de la inversión	264	Positivo
Generación de empleos directos e indirectos	264	Positivo

De la tabla anterior se desprende que el **impacto relevante o significativo** durante la realización de las obras de construcción y operación del proyecto es:

- Posible degradación del entorno natural derivado de un evento de riesgo

Los impactos que también son relevantes pero que en su efecto son positivos son los relacionados con los que generará el proyecto en los aspectos socioeconómicos y consisten en los siguientes:

- Incremento de la calidad de vida para la población local
- Incremento del valor del suelo
- Incremento en la demanda de servicios de alojamiento y alimentación
- Incremento de la inversión
- Generación de empleos directos e indirectos

## V.4 Conclusiones

Como se puede apreciar tras el análisis de las obras y actividades a desarrollar durante las etapas de Construcción y Operación del proyecto, los impactos relevantes ocurrirán en el componente hidrología, derivado de los impactos producto de modificación de las características de la geomorfología superficial, del suelo, la alteración patrón hidrológico superficial y subterráneo y la modificación de los patrones de escurrimiento, para lo cual en el capítulo siguiente se propondrán medidas de mitigación específicas para mitigar los efectos de dichos impactos.

Con respecto a la posible afectación del entorno natural derivado de un evento de riesgo, la promovente ingresará de manera adjunta al presente estudio, la modificación al **Estudio de Riesgo** correspondiente al tipo de **sustancias peligrosas** que se manejarán durante la etapa de operación del proyecto, en el cual se indicará toda la información relacionada a los procedimientos de manejo de sustancias peligrosas así como a la serie de

medidas que se adoptaran **para garantizar la seguridad del entorno natural durante el manejo de dichas sustancias.**

Los impactos positivos identificados y jerarquizados con las calificaciones más altas, se tenían previstos desde las etapas más tempranas de este proyecto, considerando que el mismo se realiza para mejorar la calidad de vida de los poblados locales ya que los niveles de contaminación presentes en el sitio actualmente llevan a la población a sufrir enfermedades gastrointestinales, cutáneas y de la vista de manera crónica, a tal grado que fue necesario llevar a cabo las mega obras relacionadas con el Túnel Emisor Oriente y la propia DGIRA solicitó como medida de mitigación la instalación de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales correspondientes.

Una vez revisado el análisis de impacto ambiental se puede determinar que el proyecto en comento no afectará la resiliencia del sitio, adicionalmente, con base en la naturaleza de saneamiento, de la cuenca hidrológica, que conlleva el desarrollo de la PTAR Atotonilco, se puede concluir que la Integridad Funcional del ecosistema permanecerá en un estado viable, y conforme vaya pasando el tiempo y se vaya llevando a cabo la operación del proyecto en comento, la integridad funcional de los ecosistemas será restablecida a sus niveles más altos, como producto de la disponibilidad de aguas tratadas.



# CAPITULO VI

## MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES





## **Tabla de Contenido**

VI.1 CAPITULO VI Medidas Preventivas y de Mitigación de los Impactos Ambientales .....	3
VI. 1.1 Medidas de Mitigación para los Impactos Relevantes .....	3
VI.1.2 Medidas de Mitigación y Prevención Generales .....	4
VI.1.2.1 Vegetación .....	4
VI.1.2.2 Fauna .....	5
VI.1.2.3 Calidad del Aire .....	5
VI.1.2.4 Residuos Sólidos .....	6
VI.1.2.5 Residuos Peligrosos .....	6
VI.1.2.6 Sustancias Peligrosas .....	7
VI.1.2.7 Otros Residuos .....	7
VI.1.2.8 Suelo .....	8
VI.1.2.9 Seguridad e Higiene .....	8
VI.1.2.10 Vialidades.....	8
VI.2 Conclusiones .....	9

## **VI.1 CAPITULO VI Medidas Preventivas y de Mitigación de los Impactos Ambientales**

Como resultado de la aplicación de las técnicas de identificación y evaluación de impactos ambientales desarrollada en el capítulo anterior, se obtuvieron y señalaron los impactos más significativos que derivan en efectos adversos; éstos sirvieron de base para analizar y proponer medidas de prevención, mitigación, y o compensación, así como también de optimización de los impactos que se consideraron benéficos.

Las medidas de mitigación propuestas consisten en elementos tecnológicos, cambio o adecuación en el diseño de obras e infraestructura, y en general, recomendaciones para llevar a cabo una actividad o programa.

### **VI. 1.1 Medidas de Mitigación para los Impactos Relevantes**

Derivado del análisis realizado en el capítulo anterior se determinó que el componente más afectado por las obras de Construcción y Operación es la hidrología, derivado de los impactos producto de modificación de las características de la geomorfología superficial, del suelo, la alteración patrón hidrológico superficial y subterráneo y la modificación de los patrones de escurrimiento para lo cual se proponen las siguientes medidas de mitigación:

<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>
<p><b>La alteración patrón hidrológico superficial y subterráneo.</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Las obras civiles deberán permitir una adecuada operación hidráulica de todos los canales y ríos existentes, para lo cual se construirán obras hidráulicas y de drenaje pluvial y drenaje sanitario por separado.</li> <li>2. Fuera del área de excavación pero a no más de 2 m de ellos, deberá instalarse una valla de contención para material pétreo que impida el derrame accidental de material hacia el cauce, que pudiera reducir la sección hidráulica en arroyos y ríos.</li> <li>3. No deberán arrojarse materiales peligrosos (grasas, aceites, etc.) y/o residuos de construcción (arena, concreto, etc.) a cuerpos de agua.</li> <li>4. En la preparación del terreno se deben realizar las excavaciones, nivelaciones, rellenos y compactaciones, considerando las obras de drenaje pluvial necesarias para evitar la acumulación de agua que pudiera contaminarse con aceites y combustibles, por el uso de equipo, maquinaria y proceso de sitio.</li> </ol>
<p><b>Modificación de los patrones de escurrimiento.</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Durante la construcción de obras cercanas a los escurrimientos superficiales y drenajes pluviales naturales se deberá vigilar constantemente que no exista caídos de materiales hacia los cauces para evitar contaminación y/o taponamiento de los mismos. Para esa protección, se ha proyectado un <b>conjunto de muros de contención</b> los cuales se han construido en el límite del predio de la PTAR. Los muros han sido diseñados en apego a los Criterios de Diseño que forman parte del Contrato. En la parte superior, se ha proyectado la cerca que limita la propiedad. Estos muros cuentan con un medio filtrante y tubería perforada para drenar el</li> </ol>

	agua freática que se acumule en los rellenos. Este drenaje se dirige a puntos estratégicamente localizados para drenar hacia el río El Salto.
--	---

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
<p>1. Posible afectación del entorno natural derivado de un evento de riesgo.</p>	<p>Para evitar un posible evento de riesgo derivado del manejo del biogás se ha previsto un almacenamiento a baja presión, en 7 gasómetros de 8,500 m<sup>3</sup> de volumen unitario, permitiendo de esta forma una pequeña reserva de capacidad de cara a su posterior utilización. Los gasómetros diseñados son de poliéster con recubrimiento interno y externo de PVC, resistente a la abrasión, a la acción bacteriana y a los rayos ultravioleta.</p> <p>Adjunto a este estudio de impacto ambiental se ingresar la modificación al <b>Estudio de Riesgo</b> del gasómetro adicional por el cambio de modificación de proyecto, y mencionando que con anterioridad se había ingresado Estudio de Riesgo de las sustancias peligrosas como es la desinfección a base de gas cloro que se utilizaran en la etapa operativa, donde se indicarán las medidas de protección requeridas de acuerdo a la normatividad vigente aplicable.</p>

Adicionalmente a las medidas de mitigación específicas se propone la realización de medidas de prevención generales que se deberán llevar a cabo durante la conclusión de la etapa de construcción y operación, mismas que a continuación se indican:

### VI.1.2 Medidas de Mitigación y Prevención Generales

En los contratos con terceros, se incluirá una clausula donde se requerirá que dichas empresas cumplan con la legislación ambiental vigente que les sea aplicable (verificación vehicular, registro como generadores de residuos peligrosos, etc.) así mismo se obligarán al cumplimiento de las medidas mitigación propuestas en este documento y en el resolutivo para las etapas del proyecto en las que participaran.

#### VI.1.2.1 Vegetación

1. Los árboles, cactáceas y demás vegetación afectados durante el proyecto serán reemplazados por la misma especie u otra aprobada por la autoridad correspondiente, lo serán a expensas del responsable de la obra, que plantará ejemplares en el vivero (centro de acopio temporal), actualmente se ha estado llevando un Programa de Rescate y Reubicación de Flora y Programa de Reforestación en el proyecto de la PTAR ya aprobado por la autoridad.
2. Se ejecutaran todos los trabajos y tomaran todas las medidas necesarias para minimizar interferencias o afectaciones a la vegetación presente en el predio del proyecto. Adicionalmente se encuentra en operación como una medida de mitigación el Proyecto de vivero para la restauración ecológica de la PTAR Atotonilco” que es un centro de acopio y producción de planta a la que será utilizada en el Programa de reforestación , que se incluye en los anexos de este estudio de Impacto Ambiental

### **VI.1.2.2 Fauna**

1. Con relación a la fauna, el proyecto para prevenir en las medidas de lo posible su afectación se llevó a cabo un Programa de Rescate, Reubicación de Fauna Silvestre. (Dicho programa fue sometido al visto bueno de la DGIRA, y fue aprobado para su ejecución.)
2. Se llevó a cabo la notificación a subcontratistas y obreros involucrados en la construcción de la PTAR sobre los lineamientos y restricciones en cuanto a la restricción de caza, captura de fauna endémica o local, con lo cual se puede prever una baja incidencia de fatalidades de individuos.
3. Durante la etapa de operación del proyecto, se espera el restablecimiento de las poblaciones de vertebrados terrestres por recolonización natural, en los sitios que se han utilizado externos para la liberación de especies, aunque podría ser que algunas especies sensibles a la perturbación se ahuyenten por el ruido y no vuelvan a establecerse en las inmediaciones del predio de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Atotonilco.

### **VI.1.2.3 Calidad del Aire**

1. Durante las actividades de construcción, se deberá disminuir el levantamiento de partículas hacia la atmósfera, ello se logra con el riego programado de suelos expuestos en las áreas en construcción. como son los sitios de excavación, caminos internos y de acceso al proyecto
2. El transporte de materiales se deberá realizar en lo posible en fase húmeda Se solicitará a los contratistas apagar los motores que utilizan diésel cuando los equipos no estén activos.
3. Para minimizar las emisiones de ruido, gases y humos a la atmósfera, es obligatorio exigir que todos los vehículos y maquinaria pesada que ingresen al proyecto cumplan con las medidas de afinación y mantenimiento.
4. El equipo y maquinaria utilizados durante las diferentes etapas del proyecto habrán de estar en óptimas condiciones de operación y deberán tener un programa de mantenimiento periódico, de tal manera que cumplan con lo establecido en las normas oficiales mexicanas
5. Los medios de transporte usados para las actividades relativas a la construcción como pudieran ser automóviles, camionetas y camiones deberán cumplir con lo establecido en la NOM-080-SEMARNAT-1994 que menciona los niveles máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de vehículos automotores.
6. Los niveles de ruido permitidos durante las jornadas laborales se mantendrán de acuerdo a la NOM-011-STPS-2001 que establece condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.

7. Por ningún motivo se efectuará en la obra la quema de basura, residuos vegetales y otros desechos, con objeto de disminuir las emisiones a la atmósfera durante esta etapa.

#### **VI.1.2.4 Residuos Sólidos**

1. Para tener una adecuada recolección de residuos sólidos, se colocarán depósitos para este fin, siendo ambos por lo común de 200 litros de capacidad o dependiendo de la capacidad generada, debidamente señalizados localizados en áreas estratégicas, en todos los frentes de trabajo.
2. Los residuos sólidos se dividen en orgánicos e inorgánicos y se ha contratado una empresa particular que cuente con las autorizaciones correspondientes, para la disposición de estos.
3. Se recomienda que los residuos de manejo especial, especialmente de acero y madera se separen y se envíen a compañías dedicadas al acopio o en su defecto sean revendidos o reutilizados para sacarles mejor provecho.
4. Se verificará diariamente la limpieza de los frentes de obras.

#### **VI.1.2.5 Residuos Peligrosos**

1. No se permitirá actividades de mantenimiento de maquinaria pesada ni de vehículos dentro del área del proyecto.
2. Las actividades de mantenimiento menor o preventivo a la maquinaria pesada que operará, deberán ser efectuadas en un sitio específicamente destinado para ello, con el equipo adecuado y cuidando que no se produzcan derrames de hidrocarburos sobre el suelo.
3. Si por causas de fuerza mayor (por descompostura) fuera necesario realizar actividades de mantenimiento mecánico de maquinaria fuera del sitio previsto para ello, se tendrá cuidado de colocar una película plástica impermeable debajo de la maquinaria y colocar una charola receptora para prevenir el derrame de aceites y lubricantes al suelo.
4. Se deberá implementar medidas preventivas para evitar el derrame de gasolina, grasas, aceites, diesel, solventes, petróleo, pinturas, aditivos, etc. en los lugares de mantenimiento, almacenamiento, lugares de construcción, etc. Quedará prohibido verter este tipo de sustancias a zonas de excavación, terrenos colindantes, cuerpos de agua y cualquier otro sitio distinto a los depósitos específicos para su disposición.
5. Se deberá contratar a una empresa autorizada para la disposición final el manejo de residuos peligrosos durante la etapa de construcción y operación.



6. Para evitar la posibilidad de contaminación por derrames provenientes de las plantas portátiles de generación eléctrica, compresores o equipos similares, éstos deberán colocarse en lugares horizontales e impermeables. Para las plantas de emergencia que se encuentran en las subestaciones, se tendrá un dique de contención.
7. Los aceites gastados que se generen por la operación de la maquinaria, así como los residuos de pintura, solventes, estopas y demás objetos impregnados con este tipo de sustancias deberán ser manejados de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Se deberá habilitar un almacén exclusivo para estas sustancias conforme la reglamentación mencionada.
8. En el caso de existir algún derrame de aceites, grasas y combustibles, se procederá a la recolección de los residuos, así como a restaurar o restablecer las condiciones físico-químicas del suelo, conforme a la NOM- 138-SEMARNAT/SS-2003, Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.

#### **VI.1.2.6 Sustancias Peligrosas**

1. Los combustibles y lubricantes transportados, serán almacenados dentro del área del proyecto, en recipientes cerrados y debidamente identificados, que estén en perfectas condiciones, garantizándose que no existirán fugas.
2. Deberán considerarse las medidas necesarias de seguridad para el manejo de sustancias inflamables y combustibles con base en la normatividad aplicable. Deberá existir un sitio de almacenamiento de estas sustancias de acuerdo a la legislación vigente.

#### **VI.1.2.7 Otros Residuos**

1. Durante la construcción, se deben utilizar letrinas móviles, en proporción de una por cada 20 trabajadores.
2. Las aguas residuales deberán ser canalizadas adecuadamente. Las aguas azules provenientes de las letrinas portátiles serán manejadas por la empresa contratada.
3. En caso de presentarse derrames accidentales de concreto durante las actividades de colado, éstos una vez endurecidos, deberán ser retirados y dispuestos como residuos al banco de tiro autorizado por la instancia correspondiente.
4. El cascajo y residuos de construcción producto de los trabajos de obra se trasladaron fuera de la obra por medio de camiones de volteo al banco de tiro vigente al momento de la actividad y autorizados por la instancia correspondiente.
5. Las instalaciones provisionales serán totalmente desmantelados y los residuos generados por el desmantelamiento será dispuestos como residuos de construcción.

#### **VI.1.2.8 Suelo**

1. Para evitar la erosión del suelo, hacia el final de las obras se deberá regenerar la capa vegetal mediante la colocación de pasto, en las áreas destinadas para ello, con el tendido de tierra vegetal, residual conservada para tal efecto. Posteriormente se deberá realizar obras de revegetación con especies nativas
2. La capa de suelo vegetal fue separada y almacenada para su uso en las siguientes etapas en la instalación de áreas verdes del predio de la PTAR

#### **VI.1.2.9 Seguridad e Higiene**

1. Los trabajadores utilizan equipo de protección personal (cascos, tapabocas, lentes, botas, guantes, camisa de manga larga, chalecos de identificación.). Acorde a la actividad a realizar tal y como lo establece la norma NOM-017-STPS-2008, relativa al equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.
2. Se deberán tomar las medidas adecuadas de seguridad del trabajo, para evitar accidentes y vigilar la seguridad con que deben realizarse los movimientos vehiculares dentro de la zona de obra y área de influencia.
3. los trabajadores que por la naturaleza de su actividad estén expuestos a ruidos de gran magnitud deberán usar equipo de protección auditiva específico, tal como se establece en la NOM 011-STPS.
4. Para emergencias menores, se cuenta con un consultorio médico, con los medicamentos e instrumental necesarios para proporcionar atención inicial, así mismo se cuenta con paramédicos capaces de proporcionar en campo la atención de primeros auxilios
5. Está prohibido ingerir bebidas embriagantes y estupefacientes dentro de la obra para prevenir accidentes.
6. Se cuenta con extintores de polvo químico seco tipo ABC en las áreas de almacenamiento de combustibles, bodegas, casetas y oficinas de contratistas, así como en zonas donde se ejecuten trabajos de soldadura u otras operaciones que puedan causar incendios. El equipo contra incendios se ubica en lugares de fácil acceso y se identifica con señalamientos o avisos de seguridad claramente visibles.
7. Se ha prohibido el uso de fogatas, armas de fuego y explosivos dentro del área del proyecto y zona colindante.

#### **VI.1.2.10 Vialidades**

1. Se han colocado letreros que anuncian la entrada y salida de vehículos, camiones de carga y/o maquinaria en los accesos a la zona del proyecto.

2. Los vehículos de carga con materiales de excavación o de construcción entran siempre a la zona más próxima a la ubicación del proyecto para realizar las maniobras de carga o descarga, y no se estacionan vehículos en vías primarias.
3. Se han establecido señalizaciones y se ha designado personal que reciba y controle el acceso de los camiones pesados al sitio en entronques carreteros para evitar la interrupción del tráfico y evitar accidentes, debido a los movimientos vehiculares.

## **VI.2 Conclusiones**

Con base en lo descrito anteriormente, acerca de los componentes del proyecto, los atributos ambientales del entorno, la interacción de ambos elementos y el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas aplicables al caso, se estima que el proyecto traerá importantes beneficios y mejoras a la integridad funcional del ecosistema, ya que se sanearán los suelos y cuerpos de agua habrá nueva disponibilidad de agua tratada para las actividades agrícolas de la zona, con lo cual se activará la economía local e incluso regional, pero sobre todo se elevará la calidad de vida de la población, quienes podrán tener menor incidencia de enfermedades infecciosas gastrointestinales, de mucosas y dermatológicas.



# CAPITULO VII

## PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y

### EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

---



## **Tabla de contenido**

VII.1 Pronósticos del escenario.....	3
VII.1.1 Escenario Actual .....	3
VII.1.2 Escenario con proyecto.....	4
VII.1 .3 Conclusiones .....	5



## **VII.1 Pronósticos del escenario**

### **VII.1.1 Escenario Actual**

Dentro del análisis expuesto en los puntos anteriores, es de gran importancia considerar el grado de marginación socioeconómica que se observa en el área de estudio e influencia del proyecto dado que dicho grado se establece en función de un índice que considera las condiciones de vivienda, ingresos, educación, dispersión y hacinamiento de la población, lo cuál muestra y sintetiza la situación social y económica de la población en forma integral.

El Consejo Nacional de Población, a partir de dicho índice que contempla los aspectos señalados, establece 5 grados de marginación: Muy Bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy Alto para las condiciones socioeconómicas desfavorables. (Indicadores Socioeconómicos e Índice de Marginación Municipal, 1990).

A partir de 1990 se ha mantenido un grado de marginación Bajo en los municipios de Atotonilco y Tepeji, lo cuál indica condiciones adecuadas de bienestar, observándose incluso una mejoría en el municipio de Tula que, a partir de 1995 y hasta el 2005 muestra un grado de marginación Muy Bajo; sin embargo, a fin de particularizar estas condiciones socioeconómicas –dado que la información municipal constituye un promedio--, en la Tabla 95 se muestran las condiciones de marginación específicas en el área de estudio e influencia del proyecto; para ello se expone el porcentaje de población referido a algunos indicadores socioeconómicos seleccionados que forman parte del índice y grado de marginación.

A diferencia del grado de marginación a nivel municipal -Bajo y Muy Bajo-, en el área de estudio del proyecto se encuentran 2 localidades colindantes (San José y El Portal) con un grado de marginación Medio y que muestran importantes deficiencias en educación, servicios y condiciones de la vivienda; paralelamente la localidad colindante de San Antonio tiene un grado de marginación Alto, lo cuál, entre otras carencias, se ejemplifica con el 31% de la población mayor de 15 años sin primaria completa, más de la mitad de las viviendas sin drenaje ni excusado, ni refrigerador y con hacinamiento; se considera hacinamiento, cuando la vivienda es de un tamaño inadecuado a las necesidades de sus ocupantes y cuando en un cuarto de dimensiones mínimas duermen más de dos personas (CONAPO, op. cit.).

Estas condiciones de marginación en las localidades colindantes al proyecto fueron corroboradas en los recorridos de campo y entrevistas a su población y

autoridades quienes manifiestan serias carencias de los servicios educativos y de salud; así, por ejemplo, en la comunidad de San Antonio sólo se cuenta con una escuela de preescolar y una primaria; al igual que en San José Acoculco, aunque en esta última se cuenta con una telesecundaria; la localidad de El Portal no cuenta con servicios educativos.

El servicio de salud en las localidades del área es de consulta intermitente a través de una casa de salud de la Secretaría de Salud local por lo que para atención médica la población tiene que movilizarse a las cabeceras municipales.

Las localidades del área de influencia del proyecto, muestran un grado de marginación similar al del nivel municipal (Bajo y Muy Bajo), aunque existe una localidad (Dos Peñas) con marginación alta y dos con marginación media (Pueblo Nuevo y San Mateo), las cuáles adolecen de carencias significativas; se estima que la derrama económica generada por la construcción y operación de la PTAR posibilitará una reducción significativa del grado de marginación de las localidades circundantes.

Estas comunidades tienen un desarrollo gracias a las obras hidráulicas de desalojo de agua residual de la ZMVM, ya que se ha aportado agua al Valle del Mezquital desde hace mucho tiempo, lo cual ha beneficiado la zona ya que el aporte de nutrientes del agua residual ha mejorado los suelos, dando hasta dos o tres cosechas. El aspecto negativo de las descargas de aguas residuales en la zona es la acumulación de metales y los altos índices de enfermedades gastrointestinales y de la piel, además de que únicamente se pueden cosechar cultivos forrajeros no aptos para el consumo humano.

El sitio tiene características de un ecosistema alterado por la actividad agrícola de temporal y de riego, por lo que el 93% de la superficie son terrenos que presentan agotamiento del suelo y deforestación, encontrando manchones, cercos vivos que dividían las parcelas de terreno, áreas de pendiente pronunciada y vegetación de galería bordeando escurrimientos que representan apenas un 7% de la superficie aproximadamente.

### **VII.1.2 Escenario con proyecto**

La PTAR en si, es una medida de mitigación a los asentamientos humanos de la ZMVM, la cual genera un gran volumen de agua residual, que hasta estas fechas, se descarga como agua cruda, sin tratamiento.

El escenario con el proyecto en operación, nos lleva a pensar que en el Valle del Mezquital; los cultivos podrán ser aptos para el consumo humano, lo que implica un mejor precio y mayor beneficio social, esto si consideramos que el agua descargada cumplirá con los mínimos de descarga establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996.

En cuanto a las condiciones de salud de la población beneficiada, se espera que los índices de enfermedades gastrointestinales y de la piel, bajen a los promedios nacionales al menos.

En cuanto al entorno de la PTAR, se crearán fuentes de trabajo, durante la obra y posteriormente, lo que es un beneficio para la población que se ocupe de los tres municipios aledaños (Tepeji del Río, Atotonilco de Tula y Tula de Allende), que es de poco más de 60,000 habitantes.

### **VII.1 .3 Conclusiones**

A pesar de que un proyecto del tipo de la PTAR Atotonilco, generará impactos ambientales, las medidas de mitigación que se llevarán a cabo están enfocadas a minimizar en todo lo posible los impactos negativos; así mismo la **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Atotonilco**, considera cumplir con la normatividad ambiental vigente, aplicable a las diferentes etapas del proceso.

Con base en el análisis realizado al proyecto en este estudio se ha podido determinar que los impactos identificados, no son relevantes, son a corto plazo, y mitigables, en contraposición con los beneficios que se generarán al propiciar nuevas condiciones de descarga de aguas, que previamente llegaban crudas al mismo ecosistema, así como los beneficios que obtendrán los habitantes de la región, que conlleva a que el proyecto en análisis sea considerado ambientalmente viable.

# CAPÍTULO VIII

## IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS

---





## **Tabla de contenido**

CAPITULO VIII IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS.....	3
VIII.1 Metodología de transectos .....	3
VIII.2 Entrevista a las comunidades y actores sociales .....	4
VIII.3 Bibliografía.....	7



## **CAPITULO VIII IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS**

### **VIII.1 Metodología de transectos**

1. Revisión bibliográfica y recopilación de información de los trabajos realizados en la zona y que ayudaron a la caracterización del área de estudio para el estudio de la MIA Regional elaborada para la SEMARNAT del estado de Hidalgo y Querétaro, así como la consulta de la colecciones científicas de del INIF (Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria) para conocer las especies registradas en ella.
2. Otro documento básico para la interpretación de lo observado en el área de estudio es el programa del ordenamiento y manejo del Estado de Hidalgo, mismo en el que se hace una zonificación por unidades ambientales de acuerdo al uso y características de los recursos naturales.
3. Se revisó imagen de satélite falso color escala. 1:250 000, cartografía temática (INEGI, 2001), escalas 1:50 000 y 1:250 000 (topografía, geología, edafología, uso del suelo y vegetación) para la selección preliminar de los sitios de muestreo, tomando como mapa base la carta de ubicación de tenencia de la tierra para el estado de Hidalgo escala 1:50000 laborada por CFE y CONAGUA para éste estudio.
4. Se verificó en campo por medio de recorridos de reconocimiento del área de estudio y muestreo de 58 áreas seleccionadas de acuerdo con la calidad de sitio y en transectos lineales cada 100 metros se levantaron los datos de ubicación, especies presentes en un círculo de 15 m de diámetro.
5. Levantamiento de los sitios de muestreo tomando en cuenta los siguientes parámetros: localidad, coordenadas geográficas, altitud, exposición, pendiente, tipo de vegetación, agentes de disturbio y consideraciones generales del sitio.
6. Se realizaron los muestreos ecológicos y el levantamiento de los datos por sitios seleccionados mediante círculos de 15 metros de diámetro para cuantificar el estrato arbóreo, el arbustivo y el herbáceo, siguiendo la metodología propuesta por Matteucci y Colman (1982).
7. Las muestras fueron preparadas siguiendo las técnicas tradicionales empleadas en el herbario, y posteriormente se trasladaron a dicho laboratorio para su determinación.
8. Para el análisis de los formatos de campo levantados en los sitios con los respectivos datos florísticos, ecológicos y dasométricos, el apoyo del archivo fotográfico de los parajes y la consulta de bibliografía, se determinó el número de especies más frecuentes que se desarrollan en los sitios y comunidades vegetales del área, y que son parte de su diversidad vegetal; además las especies dominantes, la forma biológica por especie, la abundancia, densidad relativa y se caracterizaron los estratos de vegetación, así como, el cálculo del índice de valor de importancia.

Para encontrar la densidad relativa (DR) se aplicó la fórmula propuesta por Mueller-Dombois y H. Ellenberg (1974) que a continuación se presenta:

$$DR = Ni / Nt \times 100$$

Donde:

Ni= Número de individuos por especie

Nt = Número total de individuos de todas las especies

El índice de valor de importancia (I.V.I) es la sumatoria de la densidad relativa más frecuencia relativa y la cobertura relativa.

$$I.V.I. = DR + FR + CR$$

La abundancia es el número de individuos de cada especie en la zona inventariada y se obtiene contando los individuos de la misma especie en los sitios. La frecuencia relativa se calcula en porcentaje ( $n/N \times 100$ ) siendo n el número de inventarios en que aparece el taxón en una comunidad y N el número total de inventarios de la comunidad. El grado de cobertura se estima como la proyección vertical de todas las partes aéreas de los individuos de cada especie, que se refleja como un porcentaje del área total de la parcela.

## VIII.2 Entrevista a las comunidades y actores sociales

Actitud de la población, expectativas y demandas respecto del proyecto. Resultado de las entrevistas realizadas en la zona de estudio.

A fin de tener una aproximación al nivel de aceptación o rechazo de la población a la construcción y operación del proyecto, se realizó una serie de entrevistas abiertas con habitantes del área de estudio e influencia y fuera de ella, así como con dirigentes, autoridades y funcionarios de organizaciones civiles y de gobierno que se hayan relacionados directa o indirectamente con el desarrollo del proyecto y entre las que se podrían mencionar:

- 1) Presidencia Municipal de Atotonilco de Tula;
- 2) Direcciones de Ecología de los municipios de Atotonilco de Tula, Tepejí del Río y Tula de Allende y habitantes de las correspondientes cabeceras municipales;
- 3) Población de las localidades de El Portal, San José Acoculco y San Antonio (área de estudio);
- 4) Delegación Auxiliar Municipal de San Antonio;
- 5) Comisariado Ejidal y Unidad de Producción Ejidal del ejido Conejos;
- 6) Sección 128 del Sindicato Nacional Revolucionario de Trabajadores Transportistas y de la Construcción (SNRT y SITRACE);
- 7) Sección 280 del Sindicato Nacional de Trabajadores permisionarios (SNTP);

8) Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Hidalgo (SEMARNATH).

La importancia de considerar la opinión de las organizaciones sindicales mencionadas radica en que la sección 280 del SNTP obtuvo la titularidad de los contratos de mano de obra y transporte (acarreos) para la construcción de la PTAR y, posteriormente, se establecieron acuerdos para la participación de 10 organizaciones más, particularmente de la sección 128 del SNRT y del SITRACE, los cuales tienen una importante presencia en la zona al surgir del Ejido Conejos y habían mostrado su inconformidad por su exclusión inicial. (Los nombres completos de estas organizaciones son: SNTP= Sindicato Nacional de Trabajadores Permisarios del Autotransporte, Similares y Conexos de la República Mexicana CTM; SNRT= Sindicato Nacional Revolucionario de Trabajadores Transportistas en General, Similares y Conexos de la República Mexicana CTM y SITRACE= Sindicato de Trabajadores de la Construcción, Excavación, Similares y Conexos de la República Mexicana CTM). A continuación se expone una síntesis de los principales aspectos planteados en dichas entrevistas:

En todos los entrevistados se manifestó una actitud favorable al desarrollo del proyecto aunque si bien, en la mayor parte de los casos, se expresó un apoyo condicionado tal y como se detallará más adelante; el consenso a favor de la PTAR se basa en los siguientes planteamientos que, a su vez, constituyen importantes expectativas y demandas de la población y autoridades:

Se reconoce que con la PTAR habrá una generación de ocupación productiva sin precedente en la región y que, como se ha señalado, se estima entre 3 mil empleos directos y 12 mil empleos indirectos, con la consecuente derrama económica a nivel local y regional, particularmente en lo referente a la ampliación y mejoría del mercado de bienes y servicios para la población del área. A este respecto se señala la necesidad de que no haya exclusiones en la asignación de los trabajos de construcción de la PTAR, tanto para las organizaciones de mano de obra, materiales, transportes del área, como para las comunidades colindantes.

Cabe señalar que en el aspecto laboral en relación con la construcción de la PTAR --debido a la gran expectativa que ha generado--, es uno de los puntos más sensibles para la población al grado de haberse generado graves tensiones entre grupos y organizaciones, de tal manera que requiere una particular atención y cuidado por parte de autoridades y responsables de la obra.

Se manifiesta que la construcción y operación de la PTAR representa un acto de justicia para los campesinos de la región que por años han trabajado con aguas residuales crudas y ahora podrán contar con aguas tratadas para beneficio de la agricultura lo cuál tendrá asimismo beneficios colaterales para toda la población del área con el saneamiento ambiental y la mejoría agrícola.

Se prevé un beneficio de las plantas procesadoras de materiales de construcción del área y de los transportistas, así como de la industria local para cubrir la demanda generada por la PTAR en sus etapas de construcción y operación; en este punto se solicita la participación de la

Unidad de Producción Ejidal Conejos.

Existe la expectativa de que el proyecto traerá obras de beneficio social tales como la mejoría de la infraestructura y los servicios de las localidades del área, la rehabilitación de pozos de abastecimiento de agua de los puentes y vías de comunicación, así como la creación de centros de capacitación para el trabajo, particularmente la creación de un Instituto para la Capacitación del Trabajo Industrial (ICATI) que podría aportar recursos humanos para las diversas etapas de la PTAR y la industria local y regional.

En relación con estos aspectos y como ejemplo significativo de las expectativas y demandas de la población del área, la comunidad colindante de San Antonio ha solicitado la realización de las siguientes obras, algunas de las cuáles también se han expresado como necesidad de las comunidades de El Portal y San José Aocolco:

- 1) No afectación y, en su caso, la reposición y/o mejoría del Sistema de Agua Potable;
- 2) Construcción de un puente vehicular y peatonal para comunicación con el cementerio (que es de las 3 comunidades) y con la comunidad de San José, dado que el camino actual se verá afectado;
- 3) Guarniciones, banquetas y pavimentación en varias calles de la comunidad;
- 4) Terminación de la Plaza Cívica;
- 5) Auditorio de usos múltiples;
- 6) Dos Aulas para la escuela primaria;
- 7) Ampliación del Centro de Salud;
- 8) Telesecundaria.

Estas demandas que fueron expresadas en oficio con fecha del 13 de octubre de 2008, enviado por las autoridades de la comunidad de San Antonio al Presidente de la República y al Gobernador del Estado, fueron reiteradas en las entrevistas con la observación de que no han tenido respuesta hasta la fecha (abril de 2010); las autoridades y población de las comunidades manifiestan su apoyo y disposición a colaborar para la realización de la obra pero enfatizan la necesidad de dar respuesta a sus demandas.

De igual forma se esperan acciones de beneficio ambiental tales como la creación de un vivero actualmente en marcha, la restauración, recuperación de suelos y reforestación.

Dentro del apoyo y actitud favorable a la construcción y operación de la PTAR, igualmente se han detectado algunas reservas por parte de la población de localidades colindantes detectado un alto nivel de incertidumbre en relación con los eventuales impactos de la obra, principalmente aquellos que pudieran ser adversos para sus comunidades, existiendo por tanto una preocupación social la cual se ha manifestado por la falta de información y de una explicación clara y detallada, a la población, en torno a la construcción y operación de la PTAR, por parte de los organismos responsables (CONAGUA, Cía. Constructora, Gobierno Estatal, etc.) así como de los eventuales efectos positivos y negativos para el municipio y las localidades.

### **VIII.3 Bibliografía**

- Ackerman A. y col., 1983, 1987,1991. Las Gramíneas de México. Tomos (I-IV). COTECOCA SARH. México.
- Aguilar, R., S.R. Loftin, T.J. Ward, K.A. Stevens, and J.R. Gosz. 1994. Sewage sludge application in semiarid grasslands: Effects on vegetation and water quality. WRRl Report No. 285, New Mexico Water Resources Research Institute (NMSU), Las Cruces, NM.
- Ahmad, M.N., Lim, P.E., Koh, H.L. and R.B.E. Shutes. 2002. Constructed wetlands for runoff treatment and wetlands: bringing partnerships modeling. In: Ahyaudin, A., Salmah, C.R., Mansor, M., Nakamura,R., Ramakrishna, S & Mundkur, T. (ed). Proceedings of a workshop on the Asian into good wetland practices, E.U.
- Álvarez S. T. y González E. M. 1987. Atlas Cultural de México. Fauna. Ed. Planeta. SEP. INAH
- Anónimo. 2000. Enciclopedia de México. Tomo VII. Compañía Editora de Enciclopedias de México, S.A. de C.V. México.
- Anuario Estadístico Hidalgo Edición 2000 [Gobierno del Estado de Hidalgo (Secretaría de Desarrollo Social)-INEGI].
- Armstrong, W., Armstrong, J. and Beckett, P.M. 1990. Measurement and modeling of oxygen release from roots of Phragmites australis. In: Use of Constructed Wetlands in Water Pollution Control (eds Cooper, P.F & Findlater, B.C.). Pergamon Press, Oxford, UK.
- Arreguín S.M.L., Cabrera L.G., Fernández N.R., Orozco L.C. Rodríguez C.B., Yañez B.M.,1997. Introducción a la Flora del Estado de Querétaro. CONACyT Querétaro, I.P.N. y UACH. 361 pp.
- Arriaga,L., V.Aguilar y J. Alcocer. 2000. Aguas continentales y diversidad biológica de México.Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Bautista S.G., y Flores T.C. 2005. Aplicación de lodos de una planta de tratamiento de aguas residuales industriales en la rehabilitación de suelos contaminados con hidrocarburos. Instituto de Ingeniería UNAM.
- Bravo- Hollis y H. Sánchez-Mejorada. 1978. Las Cactáceas de México, volumen I, segunda edición, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 743 pp.
- Bravo- Hollis y H. Sánchez-Mejorada. 1991. Las Cactáceas de México, volumen II. primera edición, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 404 pp.
- Bravo- Hollis y H. Sánchez-Mejorada. 1991. Las Cactáceas de México, volumen III. primera edición, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 643 pp.
- Bridges E.M., Batjes N.H. y Nachtegale F.O. (Eds.). 1998. World Reference Base for Soil Resources. ACCO. Leuven/Amersfoort.
- Calderón G. de Rzedowski y J. Rzedowski .2001. Flora Fanerogámica del Valle de México Instituto de Ecología A.C. (Centro Regional del Bajío) y CONABIO. Segunda edición. Pátzcuaro Mich.1406 pp.



- Carrillo-Rivera A, Cardona A, Huizar-Alvarez R et al (2007). Response of the interaction between groundwater and other components of the environment in México. Environ Geol (in press). DOI 10.1007/s00254-007-1005-2.
- CFE. Rescate de cactáceas en líneas de transmisión: Una propuesta para su manejo, 2009.
- Chávez, A. M.1990. La nueva dinámica de la migración interna en México 1970-1990, Cuernavaca, Morelos, Universidad Nacional Autónoma de México-Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias,
- Climate Change 1995, The Science of Climate Change: Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group I Report, page 22.
- CNA. 1995. Información proporcionada por la Jefatura de los Distritos de Riego del Valle del Mezquital. Comisión Nacional del Agua, Mixquiahuala, Hidalgo, México.
- CNA. 1998. Inventario de cuerpos de agua y humedales de México, escala 1:250 000. Subgerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, México.
- CONAGUA / SEMARNAT. Comunicado de Prensa No. 016-09, Tula de Allende, Hgo., a 09 de febrero de 2009
- CONAGUA / SEMARNAT. 2008. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Atotonilco de Tula, Estado de Hidalgo, Memoria del Proyecto, Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, Coordinación de Proyectos de Saneamiento del Valle de México, México, D.F.
- Consejo Estatal de Ecología “Taller de Gestión y Vinculación Municipal 2000”, Gobierno del Estado de Hidalgo. 2000.
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). Población total, indicadores socioeconómicos. Índice y grado de marginación por localidad. México, D.F. 1980-2005.
- Consejo Nacional de Población. 2001. Índices de marginación, 2000. Colección índices sociodemográficos. CONAPO. México.
- Consejo Nacional de Población. 2005. Migración México-Estados Unidos. Panorama regional y estatal. CONAPO. México.
- Conteo 2005 de Población y Vivienda. Resultados definitivos, tabulados básicos. INEGI
- Cuaderno de Información Básica Atotonilco de Tula, Estado de Hidalgo, Dirección General de Planeación, edición 2000.
- Cuaderno de Información Básica Tepe ji del Río de Ocampo, Estado de Hidalgo, Dirección General de Planeación, edición 2000.
- Cuaderno de Información Básica Tula de Allende Estado de Hidalgo, Dirección General de Planeación, edición 2000.
- Cuaderno Estadístico Municipal Atotonilco de Tula Estado de Hidalgo Edición 1994
- Cuaderno Estadístico Municipal Tepe ji del Río de Ocampo, Estado de Hidalgo Edición 1994
- Cuaderno Estadístico Municipal Tula de Allende, Estado de Hidalgo Edición 1994

- De la Lanza, G. y J.L. García C. (comps.). 2002. Lagos y presas de México. AGT, Editor, S. A. México. pp. 680.
- Del Castillo, R. y S. Trujillo. 1991. Ethnobotany of *Ferocactus histrix* and *Echinocactus platyacanthus* (Cactaceae) in the semiarid central México: past, present and future. *Econ. Bot.* 45: 495-502.
- Departamento del Distrito Federal. 1982. El Sistema Hidráulico del Distrito Federal, un servicio público en transición. México, D.F.
- Diario Oficial de la Federación. 1996. Norma Oficial Mexicana. NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Secretaría de Desarrollo Social. México, D.F.
- Diario Oficial de la Federación. 2001. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2001, Protección Ambiental – Especies nativas de México de Flora y Fauna silvestres – Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de Especies en riesgo.
- Diario Oficial de la Federación. 2002. Norma Oficial Mexicana. NOM-004 SEMARNAT-2002, protección ambiental. -lodos y biosolidos- especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Secretaría de Desarrollo Social. México, D.F.
- Diario oficial de la Federación. 2003. ACUERDO por el que se dan a conocer los límites de 188 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, los resultados de los estudios realizados para determinar su disponibilidad media anual de agua y sus planos de localización. Publicado el 31 de enero de 2003.
- Diario Oficial de la Federación. México, D.F., 22 de septiembre de 2005.
- Díaz-Zavaleta, G. y E. Gutiérrez-López. 2002. La Presa Requena. 269-273. In: De la Lanza E., G. y J. L. García-Calderón (Eds.). 2002. Lagos y Presas de México. AGT Editor. México.
- Escolero O.1993. Panorama del agua subterránea en México. En: El agua, recurso vital. Universidad Tecnológica de la Mixteca, México, pp:37-52.
- Espejo, S.A. & A.R. López F.1993. Las Monocotiledóneas Mexicanas una Sinópsis Florística 1.- Lista de Referencia Parte 1.Agavaceae, Alismaceae, Alliaceae, Alstroemeriaceae y Amaryllidaceae. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.
- Estrada, C. A.E. & J.S. Marroquín de la Fuente. 1992. Leguminosas en el Centro-Sur de Nuevo León. Reporte científico Número Especial 10 . Facultad de Ciencias Forestales U.A.N.L.
- Estudio Complementario del Caso Mezquital, Estado de Hidalgo, México. 2002. Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial. Convenio IDRC– OPS/HEP/CEPIS

- Fabre, D. A. 1998. Los Hñahnus en la continua búsqueda de una identidad colectiva. El Valle del Mezquital y su problemática socioambiental texto virtual incorporado como parte del REPINDX Reuso de aguas residuales y salud en el Valle del Mezquital elaborado por la OPS/OMS a través de la Red Panamericana de Información en Salud Ambiental (REPIDISCA), Perú, 1999 (<http://www.cepis.org.pe>).
- FAO. 1998. World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Reports. FAO, Rome. N. 84.
- FAO-ISRIC-SICS. 1999. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Informes sobre recursos mundiales de suelos. N. 84. FAO. Roma.
- Flores, O. y P. Jerez. 1994. Biodiversidad y conservación en México: Vertebrados, vegetación y uso de suelo. CONABIO-UNAM, México.
- García A.E. 1973. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México
- Gibson, A. y P. Nobel. 1986. The cactus primer. Harvard Univ. Press, Cambridge, Massachusetts. 286 pp.
- Global Warming Potential referenced to the updated decay response for the Bern carbon cycle model and future CO<sub>2</sub> atmospheric concentrations held constant at current levels.
- Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal y Fundación Friedrich Ebert (2004) Hacia la agenda XXI de la Cd. de México. Fundación Friedrich Ebert.
- Gómez-Pompa, A. y R. Dirzo. Coords. 1995. Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (Edición digital: CONABIO 2006).
- González .Quintero L. 1968. Los tipos de vegetación del Valle del Mezquital, Hgo. Depto. de Prehistoria, I.N.A.H. México. 53 pp.
- González E.S., M. González E. M.A. Márquez L., 2007. Vegetación y Ecorregiones de Durango. Instituto Politécnico Nacional, Editores Plaza y Valdes, Analco Sustentable, LUISMIN GOLDCORP, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango. 219 pp.
- Gutiérrez, L.V. 2008. Evaluación de la calidad física, química y especiación de metales pesados, en lodos residuales de un humedal construido en el Valle del Mezquital, Hidalgo. Tesis de licenciatura, biología. FES Zaragoza.UNAM
- H. Ayuntamiento Municipal de Atotonilco de Tula, ‘Plan Municipal de Desarrollo 2009-2012. Atotonilco de Tula, Hgo., 2010.
- Hamer, A.D. 2000. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. Ed. Lewis Publisher. E.U.
- Hernández, H. M. y Godinez H. A. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. Herbario Nacional, Instituto de Biología, UNAM. Acta Botánica Mexicana, 26:33-52.

- Hernández, H. M., V. Alvarado y R. Ibarra. 1993. Base de datos de colecciones de cactáceas de Norte y Centroamérica. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Bot. (en prensa).
- INEGI. Estados Unidos Mexicanos. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Principales Resultados por Localidad (Versión CD)
- INEGI. Hidalgo, Conteo de Población y Vivienda 1995. Resultados Definitivos.
- INEGI. Hidalgo, VII, VIII, IX, X, XI y XII Censos Generales de Población y Vivienda 1950, 1960, 1970, 1980, 1990 y 2000. Tabulados Básicos. Tomo I.
- INEGI. Hidalgo. Cuadernos Estadísticos Municipales de los municipios de Atotonilco de Tula, Tepeji del Río y Tula de Allende. (2005).
- Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Oficio de la Dirección de Salvamento Arqueológico 401-43/650, del 2 de julio del 2001, México, D.F
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). II Conteo de Población y Vivienda 2005. Principales resultados por localidad 2005. (IRIS 4.0.2).
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1980. X Censo General de Población y Vivienda. INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1990. Estadísticas Históricas de México. Tomo I, México, INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1990. XI Censo de Población y Vivienda. Resultados definitivos, tabulados básicos INEGI
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1992. Síntesis Geográfica del Estado de Hidalgo. México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1996. Conteo de población y vivienda. INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2000. Cuaderno estadístico de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática).
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2000. XII Censo de Población y Vivienda. Tabulados básicos y nacionales y Por Entidad Federativa. INEGI
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2001. Estadísticas del medio ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana 2000 (México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática).
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2004. Hidalgo Hoy. Gobierno del Estado de Hidalgo. México.
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). Sistema Nacional de Información Municipal (SNIM: 7.0). México, 2000.
- Instituto Nacional para el federalismo y el Desarrollo Municipal. 2005. Enciclopedia de los municipios de México. Estado de Hidalgo. Tula de Allende.
- Instituto Nacional para el federalismo y el Desarrollo Municipal. 2005. Enciclopedia de los municipios de México. Estado de Hidalgo. Atotonilco de Tula.

- Instituto Nacional para el federalismo y el Desarrollo Municipal. 2005. Enciclopedia de los municipios de México. Estado de Hidalgo. Tepeji del Río de Ocampo
- IX Censo General de Población. 1970. Dirección General de Estadística, Secretaría de Industria y Comercio.
- Jiménez Cisneros, B. E. 2001. La contaminación Ambiental en México. Limusa Noriega Editores. México.
- Jordan, W. P. y P. Nobel. 1981. Seedling establishment of *Ferocactus acanthodes* in relation to drought. *Ecology* 62: 901-906.
- Ley de Aguas Nacionales. DOF, 1 de diciembre de 1992.
- Lodos derivados de una planta tratadora de agua, para energía, 2009-03-24, Presentación en el foro sobre su construcción en Atotonilco, se destacó esta posibilidad. Municipios
- López Zepeda Yeni A. 2007. “Clasificación y Diagnóstico del Recurso Suelo en el Valle del Mezquital, Hidalgo”. Tesis de Licenciatura, carrera de Biología. UNAM, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. México.
- Lovera, D. y Ortiz, J. 2008. Distribución de metales pesados en un humedal construido en el municipio de Ixmiquilpan, Estado de Hidalgo. Tesis de licenciatura, biología. FES Zaragoza. UNAM
- Marroquín J. S, G. Borja L., R. Velázquez C. y J.A. de la Cruz C. ,1981. Estudio Ecológico Dasométrico de las Zonas áridas del Norte de México. Publicación especial no. 2 febrero. 2ª. Edición Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Subsecretaría Forestal y de la Fauna. 166 pp.
- Marsalek, D J, Rochfort M Q, Savic P D (2001) Chapter 2: Urban water as a part of integrated catchment management. In C. Maksimovic, J. A. Tejada-Guibert (eds.), *Frontiers in urban water management deadlock hope*. IWA Publishing, London. pp 37–83.
- Matuda E. y I. Piña L.1980. Las plantas mexicanas del género *Yucca*. Miscelanea Estado de México Serie Fernando de Alva Ixtlilxochitl. Gobierno del Estado de México. 31 pp.
- McBride M. B., Richards B. K., Steenhuis T., Russo J. J. and Sauvé S. 1997. Mobility and solubility of toxic metals and nutrients in soil fifteen years after sludge application. *Soil Sci.* 162, (7): 487500.
- Mejía-Saénz, E., Palacios Vélez, E., A., García, E. y Santos Hernández, A. L. 2002. Problemas operativos en el manejo del agua en Distritos de Riego. *TERRA* 20(2). Mendoza, S. 1999. Estructura y relaciones familiares ante la migración de los padres y jefes vbjude familia a Estados Unidos 1986- 1997. Estudio de caso del Maye, Ixmiquilpan, Hidalgo”, tesis, México, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Miranda F. y Hernández X.E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la sociedad botánica.* México.
- No. 45, Vol. II. Región Hidrológica No. 26 (Parcial). Cuenca del río Tula. SARH. México.



- Phillips, B.C., Lawrence, A.I. and Nawang, W.M. 2002. Constructed ponds and wetlands in tropical urban areas. In: Proceedings of an international conference on urban hydrology for the 21st Century. Kuala Lumpur, Malasia.
- Pissani J.F, R.E Martínez, A.R Vázquez y M.L Samaniego. 2005. Efecto del lodo residuales la absorción de elementos minerales del Nopal Forrajero *Opuntia ssp.* Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” y Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- Plan Hidráulico Regional 2002-2006
- Plan Municipal de Desarrollo 2006-2009. Tepe ji del Río de Ocampo, Estado de Hidalgo.
- Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012
- Plan Nacional Hídrico 2007-2012
- Prensa Local, Atotonilco de Tula. Feb.-Abr. 2010.
- Programa Constitucional de Desarrollo Sustentable y Sostenido 2005-2011
- Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México.
- Programa Municipal de Desarrollo Urbano Atotonilco de Tula 2006-2009, Estado de Hidalgo.
- Programa Regional de Saneamiento y Recuperación de Acuíferos
- Quezada, M. F. 2001, El tren que se fue, el agua que llegó, y llovieron los dólares, México, del Valle del Mezquital, estado de hidalgo Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.
- Quezada, M. F. 2008. La migración Hñáñu del Valle del Mezquital, estado de Hidalgo, México, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco,
- Quinchía A.M. y D.M. Carmona. 2004. Factibilidad de disposición de los biosólidos generados en una planta de tratamiento de aguas residuales combinada. Revista EIA, ISSSN 17941237, Colombia, (2):89108. Nacional Park. Environ. Oval. 23:5057.
- Rabinowitz, D. 1981. Seven forms of rarity. In: Synge, H. (ed.). The biological aspects of rare plant conservation. John Wiley & Sons, Bath, Avon. pp. 205-217.
- Rabinowitz, D., S. Cairns y T. Dillon. 1986. Seven forms of rarity and their frequency in the flora of the British Isles. In: Soulé, M. (ed.). Conservation biology: the science of scarcity and diversity. Sinawer, Sunderland, Massachusetts. pp. 182-204.
- Ramírez Otero, Oscar, 2010. Documentación de Organizaciones Locales. Atotonilco de Tula. Feb.-Abr. 2010.
- Ramirez Otero, Oscar, 2010. Transcripción de entrevistas de Campo. Atotonilco de Tula, Abr. 2010.
- Rzedowski J. 1994. Sexta reimpresión. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 432 pp.
- Rzedowski, J. & R. McVaugh.1966. La Vegetación de Nueva Galicia. Contributions from the University of Michigan Herbarium. Vol. 9 No. 1 pp 1 -123-28 fig. In text,map. University of Michigan Ann Arbor, Michigan.
- Rzedowski, J. y Equihua. M. 1987. Atlas Cultural de México. Flora. Ed. Planeta. SEP. INAH SARH. 1994. Anuario de la Producción Agrícola. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México, D.F., México.

- Schmidt, E. y M. Crummett. 2003. Herencias recreadas: capital social y cultural entre los hñähñú en Florida e Hidalgo”, trabajo presentado en el Primer Coloquio internacional: migración y desarrollo: transnacionalismo y nuevas perspectivas de integración, 23, 24 y 25 de octubre. Zacatecas, Zac., México.
- SCT. 2008. MAPAS ESTATALES CON LA INFORMACIÓN ACTUALIZADA – 2008, Hgo. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Escala 1: 260,000
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.R.H.). 1971. Boletín Hidrológico Tomo I y II.
- SEMARNAT-CONAGUA-SCALE (Servicios de Consultoría y Asesoría para Evaluación de Proyectos, S.C. ‘Estudio Socioeconómico de la construcción de la PTAR Atotonilco de Tula en el estado de Hidalgo’. Zapopan, Jal., Agosto 2008.
- SGM. 2008. Panorama Minero del Estado de Hidalgo. Coordinación General de Minería y Gobierno Federal. Servicio Geológico Mexicano.
- Sistema de aguas de la ciudad de México. 2007. Agua y saneamiento del Valle de México. Ciudad de México.
- Steenbergh, W. y C. Lowe. 1969. Critical factors during the first years of life of the saguaro (*Cereus giganteus*) at the Saguaro National Monument, Arizona. *Ecology* 50: 825-834.
- Tortajada, C. 2006. Who has access to water? Case study of Mexico City Metropolitan Area. Informe preparado para el “Reporte de Desarrollo Humano 2006”, Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas.
- Vázquez, V. H. 1995. Otomíes del Valle del Mezquital, Hidalgo, en *Etnografía contemporánea de los pueblos indígenas de México*, Instituto Nacional Indigenista, México, pp. 180-213.
- Velasco-Molina H.A. 1991. Las zonas áridas y semiáridas. Sus características y manejo. Ed. Limusa. México.
- VIII Censo general de Población. 1960. Dirección General de Estadística, Secretaría de Industria y Comercio.
- Villarreal Q. J.A. y J. A. Encina D., 2005. Plantas Vasculares endémicas de Coahuila y algunas áreas adyacentes, Méx. *Acta Botánica Mexicana* 70:1-46 (2005).
- Zamudio, R.S., J. Rzedowski, E. Carranza G. & G. C. de Rzedowski. 1992. La Vegetación en el Estado de Querétaro. CONCYTEQ y Instituto de Ecología A.C. Centro Regional del Bajío.
- Consulta en
- Internet: [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)
- [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)
- [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)
- [www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx)

