

# CAPÍTULO 1

## ANTECEDENTES

### **1.1 Objetivos, alcances y limitaciones del proyecto**

El objetivo principal de esta tesis es el análisis y diseño de una planta de tratamiento de agua residual para el Municipio de San Andrés Cholula (Puebla), la cual incluirá el tratamiento primario, secundario y proceso de desinfección haciendo énfasis en el control de las características biológicas del agua tratada para evitar la presencia de patógenos recurrentes del agua residual de origen doméstico. También se hablará sobre el tratamiento de lodos de desecho y se profundizará en el estudio de Impacto Ambiental.

En el inicio fue necesario investigar si ya existían trabajos previos de los cuales se pudieran extraer datos de interés y basarse en ellos para comenzar sobre lo que se haya realizado. Dentro de estos trabajos previos, se encontró que la situación que vive el municipio a nivel infraestructura sanitaria es muy precaria, por lo cual se tuvo que partir del hecho de que las condiciones mínimas aceptables en cuanto a sistema sanitario se refiere, ya existían.

Antes de proceder a la obtención de los datos que caracterizan el agua residual de la zona se estudió la normatividad correspondiente, con la finalidad de tener claras las restricciones que marca la Ley en cuanto a tratamiento de agua residual se refiere. Una vez hecho esto fue necesario obtener datos de la caracterización del agua, para esto se tomó la decisión de no realizar pruebas de laboratorio, debido a que los datos que se obtendrían de éstas ya existían y fueron realizadas por el Sistema Operador de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de

Puebla. Los datos proporcionados fueron de los tres puntos de mayor importancia que utiliza SOAPAP para monitorear la calidad del agua del municipio y en función de estos se hizo un aproximado, promediando los valores de estos puntos de muestra.

Posteriormente se pasó al estudio en sí de la teoría del tratamiento de aguas residuales tomando como base una serie de textos, entre los que destacan el manual de tratamiento de aguas residuales de la compañía Metcalf & Eddy, el manual de prácticas de la Water Enviromental Federation, entre otros. Una vez adentrados en la teoría del tratamiento se realizó la estimación de flujos de diseño con los que se trabajarían, para esto fue necesario proyectar la población a 35 años contemplando éstos como el tiempo de vida útil de la planta.

Con estos datos ya calculados se seleccionó el tren de tratamiento, seleccionando los distintos procesos unitarios que lo componen, dentro de los cuales están las rejillas para separar sólidos, desarenador aireado, sedimentador primario, tanque reactor, sedimentador secundario y tanque de desinfección. La selección del tren de tratamiento estuvo muy ligada al dimensionamiento de cada uno de los componentes tanto del tratamiento primario como del tratamiento secundario, por lo cual se realizaron simultáneamente ambas acciones.

Dentro del proceso de desinfección se tomó la decisión de realizarlo mediante adición de cloro al caudal y posteriormente radiación ultra-violeta.

En cuanto al tratamiento de lodos se hizo referencia únicamente de forma teórica, mencionando las principales características que se deben tomar en cuenta para el manejo de los mismos.

Por último realizó un Estudio de Impacto Ambiental sobre el proyecto, realizando una identificación y evaluación de los impactos generados por el mismo, mediante una lista de control y las matrices de identificación y evaluación, de tal forma que se lograra proponer medidas de mitigación y corrección, así como también concluir la viabilidad del proyecto

De lo anterior se entrega un documento el cual incluye el contenido detallado de los puntos que se mencionaron con anterioridad.

## **1.2 Descripción de trabajos o proyectos previos realizados al respecto**

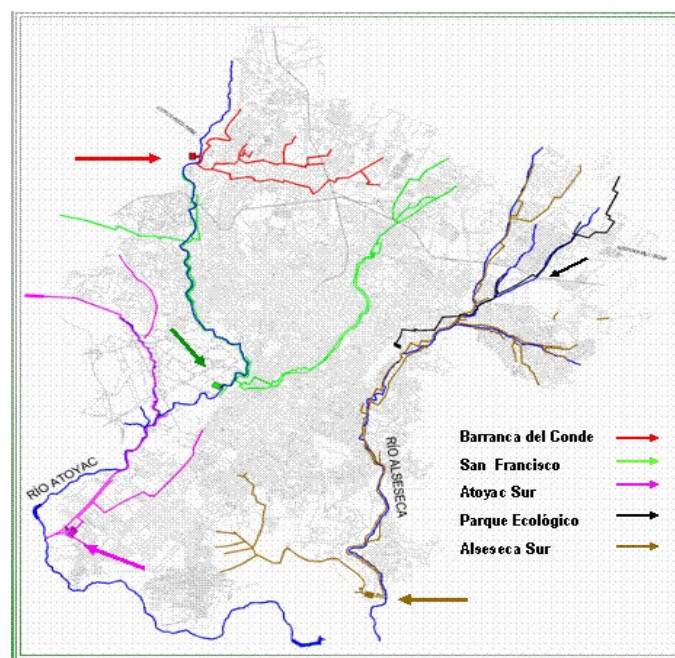
En el pasado se han realizado algunos estudios y propuestas de plantas de tratamiento de aguas residuales en el municipio, un caso específico es la tesis realizada por el Ing. David Felipe Alden para obtener el título de Ingeniero Civil, cuyo tema fue ‘Evaluación Económica de un Tren de Tratamiento de Agua Residual para la UDLA-P’ En esta tesis se estudiaron las características de las aguas generadas en las diferentes zonas de la universidad y su descargada a los afluentes con los que cuenta la universidad, para de este modo seleccionar el tren de tratamiento y realizar la evaluación económica. Se concluyó que la mejor opción era la realización de una planta de nivel secundario, con lodos activados, proporcionando desinfección y tratamiento a los lodos producidos en los procesos. Propuso la construcción de su planta en los límites de la universidad, cerca de la descarga número 12. La estimación del costo total de la obra fue de \$1,004,307.50 pesos mexicanos (abril 2004).

Aunado a esto se han realizado otros estudios en la zona, pero por parte del Municipio de San Andrés y San Pedro Cholula, así como también por parte del Sistema Operador de Agua Potable y Alcantarillado de Puebla (SOAPAP). Haciendo referencia a los trabajos realizados por el Municipio, en materia de saneamiento se podría decir que no son muchos puesto que se tienen muchas carencias que limitan en gran parte el desarrollo de nuevos proyectos. El objetivo fundamental en la actualidad es establecer un Sistema Operador de Agua Potable y Alcantarillado exclusivo para el Municipio que pueda trabajar de modo independiente y con recursos propios. Por lo pronto los trabajos están enfocados a establecer una red completa de alcantarillado, puesto que existen muchas zonas en las que no se cuenta con el, así como también el registro de pozos ante CNA. En concreto la regularización de la zona en relación al agua residual y potable.

Por otro lado el SOAPAP, también ha realizado trabajos en el Municipio, al formar parte de la zona conurbada de la ciudad de Puebla. Dentro de los trabajos más importantes que se han realizado por parte de SOAPAP, es la construcción de colectores marginales que buscan abarcar la mayor cantidad de terreno para así desalojar las aguas generadas en la zona. Dichos colectores proporcionaron la liberación de descargas al Río Rabanillo que captaba las aguas de la colonia Manantiales y Momoxpan. También se encausaron las descargas de la cabecera municipal de San Andrés y San Pedro Cholula, que anteriormente descargaban en el Río Zapatero. Todo esto se realizó como parte del programa de saneamiento que esta llevando a cabo SOAPAP en el Municipio de Puebla, el cual cuenta con 5 plantas de tratamiento de las cuales dos de ellas contribuyen al tratamiento de las aguas del Municipio de San Andrés y San Pedro Cholula, estos por su parte pagan una cuota por el permiso de descarga en el sistema (Cuota que esta en función del gasto generado por ambos Municipios).

### 1.3 Condiciones actuales del tratamiento de agua residual en el municipio de San Andrés Cholula

Como ya se mencionó en el punto anterior, en materia de saneamiento dentro del Municipio de San Andrés Cholula, únicamente se cuenta con el programa establecido por SOAPAP, pero el municipio por sí solo no cuenta con ningún sistema de tratamiento para las aguas residuales que genera. Con afán de dejar clara la contribución del Sistema Operador de Agua Potable y Alcantarillado de Puebla (SOAPAP), al saneamiento de la zona en estudio, se presenta de forma esquemática en la Figura 1.1, la localización de las 5 plantas de tratamiento así como de los cauces mas importantes de la zona. Las plantas de tratamiento que benefician a los Municipios de San Andrés y San Pedro son: Atoyac Sur y San Francisco. Siendo la primera la que beneficia de forma más importante a ambos municipios, puesto que la de San Francisco, únicamente beneficia a la reserva territorial Atlixcayotl.



**Figura 1.1** Mapa de las 5 plantas de tratamiento de Puebla. (SOAPAP)

### 1.3.1 Atoyac Sur

#### *Información General:*

Esta ubicada en la Calle Margaritas y prol. de la 21 Sur. Col. San Ramón Cuarta Sección.

Esta obra tiene una capacidad de tratamiento de 600 l.p.s., con un costo de 84.15 millones de pesos, construyéndose 17,760 m de colectores para conducir el agua residual de la zona sur-poniente, permitiendo el saneamiento del Río Atoyac y el arroyo el Zapatero; beneficiando a los municipios de San Andrés y San Pablo Cholula; así como entre otras colonias: La Concepción, Concepción de la Cruz, Rincón Arboledas, FOVISSTE San Roque, Mateo de Regil, Bosques de la Laguna, Tres Cerritos, INFONAVIT Agua Santa, INFONAVIT San Bartolo, Mayorazgo y Castillotla. (SOAPAP, 2005).

#### *Funcionamiento:*

En esta planta, se tratan los lodos que se producen en las de Barranca del Conde y San Francisco en una Estructura Digestor (Figura 1.2), que consisten en un depósito cilíndrico herméticamente cerrado de 20 m. de diámetro y 13 m. de altura, en donde se acumulan los lodos para su degradación. En la descomposición de éstos se produce gas, el cual se utiliza en la generación de calor mediante una caldera para mantenerlos a una temperatura de 37 grados centígrados, con lo cual se agiliza el proceso, se cuenta con un almacén de gas consistente en una esfera a base de membranas, el sobrante es incinerado.

(SOAPAP: <http://www.soapap.gob.mx/Plantas.htm>)

Posteriormente pasan a un tanque de almacenamiento de lodos y a unos filtros prensa, para su deshidratación, para luego disponer de ellos, una vez estabilizados, podrán ser utilizados para el mejoramiento de suelos. (SOAPAP, 2005)



**Figura 1.2** Foto aérea de la Planta de tratamiento Atoyac Sur. (SOAPAP)

### 1.3.2 San Francisco

*Información General:*

Esta ubicada en la Calle Kepler s/n, entre vía Atlixcáyotl y Río Atoyac, Zona Angelópolis. Esta planta está construida para una capacidad de 1,500 l.p.s., tiene un costo de 64.61 millones de pesos, para tratar las aguas residuales de la zona centro de la ciudad, desde las barrancas del norte, vaso regulador "El Santuario", pasando por el boulevard 5 de Mayo,

beneficiando a las colonias del Centro Histórico y al poniente las colonias San José Citlaltépetl, Puerta de Hierro, Ignacio Romero Vargas, La Libertad, Aquiles Serdán, Valle del Rey, Reforma Sur, Santa Cruz Guadalupe, San José del Puente, La Paz, Santa Cruz Atoyac, Reserva Territorial Atlixcáyotl, Prados Agua Azul, Mayorazgo y Barrio del Alto, así como la zona conurbada incluyendo el municipio de Cuahutlancingo, construyéndose 33,410 m de colectores para tal fin. (SOAPAP,2005)

*Funcionamiento:*

Esta planta al igual que las otras cuenta con el mismo proceso de tratamiento, el cual es un tratamiento anaerobio para la digestión de los lodos; sin embargo en ésta se captan los lodos que se producen en la planta de Tratamiento Barranca del Conde y los propios de ésta (Figura 1.3), mismos que son enviados por una estación de bombeo a través de una tubería a la Planta Atoyac Sur. (SOAPAP, 2005)



**Figura 1.3** Foto aérea de la Planta de tratamiento San Francisco. (SOAPAP)

**Tabla 1.1** Funcionamiento de las plantas en la actualidad. (SOAPAP, 2005)

| PLANTA        | CALIDAD DE AGUA<br>MEDIA MENSUAL<br>(mg/l) |     |        |     | REMOCIÓN<br>(kg/día) |       | EFICIENCIA<br>(%) |     |
|---------------|--|-----|--------|-----|----------------------|-------|-------------------|-----|
|               | Entrada                                    |     | Salida |     | DBO                  | SST   | DBO               | SST |
|               | DBO  | SST | DBO    | SST |                      |       |                   |     |
| Atoyac Sur    | 299  | 477 | 185    | 108 | 4954                 | 16036 | 38                | 77  |
| San Francisco | 183  | 466 | 126    | 125 | 6865                 | 41070 | 31                | 73  |

En donde:

DBO = Demanda Bioquímica de Oxígeno medida a los 5 días.

SST = Sólidos Suspendidos Totales.

#### 1.4 Normatividad mexicana en materia de agua

Las aguas residuales se someten a diferentes tratamientos dependiendo de sus contaminantes y de la calidad que se quiera alcanzar, ya sea que ésta se disponga en los cuerpos receptores, se use como agua de riego o en actividades industriales que no requieran líquido semejante al potable (Kemmer, 1995). En general, los procesos de tratamiento de agua se componen de tres etapas: 1a.- los tratamientos primarios, que se basan en procedimientos de separación física para disminuir sólidos totales y parcialmente la demanda bioquímica de oxígeno; 2a.- los tratamientos secundarios, que se basan en la degradación realizada por microorganismos para reducir adicionalmente la concentración de compuestos orgánicos en el agua. (Cuando los microorganismos se tienen en cultivo suspendido como en la producción de levadura, entonces se les denomina lodos activados). Y 3a.- los tratamientos terciarios, que usan métodos físicos o químicos para remover componentes inorgánicos y microorganismos patógenos (Atlas, 1998; Downing, 1985).

A continuación se resumen brevemente las normas más importantes así como sus especificaciones principales para fines de esta tesis sobre el tratamiento de aguas residuales en México:

#### **1.4.1 NOM-001-ECOL-1996**

Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 6 de enero de 1997 y entró en vigor el día 7 de enero de 1997. Esta norma se complementa con la aclaración publicada en el mismo medio de difusión del día 30 de abril de 1997. (CNA, 2005).

##### **1.4.1.1 Especificaciones**

1.- La concentración de contaminantes básicos, metales pesados y cianuros para las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales, no debe exceder el valor indicado como límite máximo permisible en las Tablas 1.2 y 1.3 de esta Norma Oficial Mexicana. El rango permisible del potencial hidrógeno (pH) es de 5 a 10 unidades.

2.- Para determinar la contaminación por patógenos se tomará como indicador a los coliformes fecales. El límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, así como las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola) es de 1,000 y 2,000 como número más probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100 ml para el promedio mensual y diario, respectivamente.

**Tabla 1.2 Límites máximos permisibles para contaminantes básicos (CNA).**

| LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS                  |                           |         |                        |         |                                 |         |                                   |         |                        |         |   |         |                |         |               |         |                           |         |                         |         |
|---|---------------------------|---------|------------------------|---------|---------------------------------|---------|-----------------------------------|---------|------------------------|---------|---|---------|----------------|---------|---------------|---------|---------------------------|---------|-------------------------|---------|
| PARÁMETROS<br><br>(miligramos por litro, excepto cuando se especifique) | RÍOS                      |         |                        |         |                                 |         | EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES |         |                        |         | AGUAS COSTERAS                                    |         |                |         |               |         | SUELO                     |         | HUMEDALES NATURALES (B) |         |
|   | Uso en riego agrícola (A) |         | Uso público urbano (B) |         | Protección de vida acuática (C) |         | Uso en riego agrícola (B)         |         | Uso público urbano (C) |         | Explotación pesquera, navegación y otros usos (A) |         | Recreación (B) |         | ESTUARIOS (B) |         | Uso en riego agrícola (A) |         |                         |         |
|   | P. M.                     | P.D .   | P. M.                  | P.D .   | P. M.                           | P.D     | P. M.                             | P.D .   | P. M.                  | P.D .   | P. M.   | P.D .   | P. M.          | P.D .   | P. M.         | P. D.   | P. M.                     | P.D .   |                         |         |
| Temperatura °C (1)  | N. A                      | N.A     | 40                     | 40      | 40                              | 40      | 40                                | 40      | 40                     | 40      | 40  | 40      | 40             | 40      | 40            | 40      | N.A .                     | N.A .   | 40                      | 40      |
| Grasas y Aceites (2)  | 15                        | 25      | 15                     | 25      | 15                              | 25      | 15                                | 25      | 15                     | 25      | 15  | 25      | 15             | 25      | 15            | 25      | 15                        | 25      | 15                      | 25      |
| Materia Flotante (3)  | ausente                   | ausente | ausente                | ausente | ausente                         | ausente | ausente                           | ausente | ausente                | ausente | ausente   | ausente | ausente        | ausente | ausente       | ausente | ausente                   | ausente | ausente                 | ausente |
| Sólidos Sedimentables (ml/l)  | 1                         | 2       | 1                      | 2       | 1                               | 2       | 1                                 | 2       | 1                      | 2       | 1   | 2       | 1              | 2       | 1             | 2       | N.A                       | N.A     | 1                       | 2       |
| Sólidos Suspendedos Totales   | 150                       | 200     | 75                     | 125     | 40                              | 60      | 75                                | 125     | 40                     | 60      | 150   | 200     | 75             | 125     | 75            | 125     | N.A                       | N.A     | 75                      | 125     |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno <sub>5</sub>                              | 150                       | 200     | 75                     | 150     | 30                              | 60      | 75                                | 150     | 30                     | 60      | 150   | 200     | 75             | 150     | 75            | 150     | N.A                       | N.A     | 75                      | 150     |
| Nitrógeno Total   | 40                        | 60      | 40                     | 60      | 15                              | 25      | 40                                | 60      | 15                     | 25      | N. A.   | N. A.   | N. A.          | N. A.   | 15            | 25      | N.A                       | N.A     | N.A                     | N.A     |
| Fósforo Total   | 20                        | 30      | 20                     | 30      | 5                               | 10      | 20                                | 30      | 5                      | 10      | N. A.   | N. A.   | N. A.          | N. A.   | 5             | 10      | N.A                       | N.A     | N.A                     | N.A     |

(1) Instantáneo, (2) Muestra Simple Promedio Pondera, (3) Ausente según el Método de Prueba definido en la NMX-AA-006.

P.D.= Promedio Diario; P.M. = Promedio Mensual; N.A. = No es aplicable.

(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos

3.- Para determinar la contaminación por parásitos se tomará como indicador los huevos de helminto. El límite máximo permisible para las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), es de un huevo de helminto por litro para riego no restringido, y de cinco huevos por

litro para riego restringido, lo cual se llevará a cabo de acuerdo a la técnica establecida en el anexo 1 de esta Norma.

**Tabla 1.3** Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros. (CNA)

| LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA METALES PESADOS Y CIANUROS |                           |      |                        |      |                                 |      |                                   |      |                        |      |   |      |                |      |               |      |                           |      |                         |      |
|---|---------------------------|------|------------------------|------|---------------------------------|------|-----------------------------------|------|------------------------|------|---|------|----------------|------|---------------|------|---------------------------|------|-------------------------|------|
| PARÁMETROS (*)  | RÍOS                      |      |                        |      |                                 |      | EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES |      |                        |      | AGUAS COSTERAS                                    |      |                |      |               |      | SUELO                     |      | HUMEDALES NATURALES (B) |      |
|   | Uso en riego agrícola (A) |      | Uso público urbano (B) |      | Protección de vida acuática (C) |      | Uso en riego agrícola (B)         |      | Uso público urbano (C) |      | Explotación pesquera, navegación y otros usos (A) |      | Recreación (B) |      | ESTUARIOS (B) |      | Uso en riego agrícola (A) |      |                         |      |
|   | P.M.                      | P.D. | P.M.                   | P.D. | P.M.                            | P.D. | P.M.                              | P.D. | P.M.                   | P.D. | P.M.  | P.D. | P.M.           | P.D. | P.M.          | P.D. | P.M.                      | P.D. |                         |      |
| Arsénico  | 0.2                       | 0.4  | 0.1                    | 0.2  | 0.1                             | 0.2  | 0.2                               | 0.4  | 0.1                    | 0.2  | 0.1   | 0.2  | 0.2            | 0.4  | 0.1           | 0.2  | 0.2                       | 0.4  | 0.1                     | 0.2  |
| Cadmio  | 0.2                       | 0.4  | 0.1                    | 0.2  | 0.1                             | 0.2  | 0.2                               | 0.4  | 0.1                    | 0.2  | 0.1   | 0.2  | 0.2            | 0.4  | 0.1           | 0.2  | 0.05                      | 0.1  | 0.1                     | 0.2  |
| Cianuros  | 1.0                       | 3.0  | 1.0                    | 2.0  | 1.0                             | 2.0  | 2.0                               | 3.0  | 1.0                    | 2.0  | 1.0   | 2.0  | 2.0            | 3.0  | 1.0           | 2.0  | 2.0                       | 3.0  | 1.0                     | 2.0  |
| Cobre   | 4.0                       | 6.0  | 4.0                    | 6.0  | 4.0                             | 6.0  | 4.0                               | 6.0  | 4                      | 6.0  | 4   | 6.0  | 4.0            | 6.0  | 4.0           | 6.0  | 4                         | 6.0  | 4.0                     | 6.0  |
| Cromo   | 1                         | 1.5  | 0.5                    | 1.0  | 0.5                             | 1.0  | 1                                 | 1.5  | 0.5                    | 1.0  | 0.5   | 1.0  | 1              | 1.5  | 0.5           | 1.0  | 0.5                       | 1.0  | 0.5                     | 1.0  |
| Mercurio  | 0.01                      | 0.02 | 0.005                  | 0.01 | 0.005                           | 0.01 | 0.01                              | 0.02 | 0.005                  | 0.01 | 0.01  | 0.02 | 0.01           | 0.02 | 0.01          | 0.02 | 0.005                     | 0.01 | 0.005                   | 0.01 |
| Níquel  | 2                         | 4    | 2                      | 4    | 2                               | 4    | 2                                 | 4    | 2                      | 4    | 2   | 4    | 2              | 4    | 2             | 4    | 2                         | 4    | 2                       | 4    |
| Plomo   | 0.5                       | 1    | 0.2                    | 0.4  | 0.2                             | 0.4  | 0.5                               | 1    | 0.2                    | 0.4  | 0.2   | 0.4  | 0.5            | 1    | 0.2           | 0.4  | 5                         | 10   | 0.2                     | 0.4  |
| Zinc  | 10                        | 20   | 10                     | 20   | 10                              | 20   | 10                                | 20   | 10                     | 20   | 10  | 20   | 10             | 20   | 10            | 20   | 10                        | 20   | 10                      | 20   |

(\*) Medidos de manera total. P.D. = Promedio Diario P.M. = Promedio Mensual N.A. = No es aplicable

(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos.

### 1.4.2 NOM-002-ECOL-1996

Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. Se publicó en el Diario Oficial

de la Federación el día 3 de junio de 1998 y entró en vigor el día 4 de junio de 1998. (CNA, 2005).

#### **1.4.2.1 Especificaciones**

1.- Los límites máximos permisibles para contaminantes de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, no deben ser superiores a los indicados en la Tabla 1.4. Para las grasas y aceites es el promedio ponderado en función del caudal, resultante de los análisis practicados a cada una de las muestras simples.

2.- Los límites máximos permisibles establecidos en la columna instantáneo, son únicamente valores de referencia, en el caso de que el valor de cualquier análisis exceda el instantáneo, el responsable de la descarga queda obligado a presentar a la autoridad competente en el tiempo y forma que establezcan los ordenamientos legales locales, los promedios diario y mensual, así como los resultados de laboratorio de los análisis que los respaldan.

3.- El rango permisible de pH (potencial hidrógeno) en las descargas de aguas residuales es de 10 (diez) y 5.5 (cinco punto cinco) unidades, determinado para cada una de las muestras simples. Las unidades de pH no deberán estar fuera del intervalo permisible, en ninguna de las muestras simples.

4.- El límite máximo permisible de la temperatura es de 40°C. (cuarenta grados Celsius), medida en forma instantánea a cada una de las muestras simples. Se permitirá descargar con

temperaturas mayores, siempre y cuando se demuestre a la autoridad competente por medio de un estudio sustentado, que no daña al sistema del mismo.

**TABLA 1.4** Límites máximos permisibles para contaminantes de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal (CNA, 2005)

| LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES                                |                  |                 |             |
|--|------------------|-----------------|-------------|
| PARAMETROS   | PROMEDIO MENSUAL | PROMEDIO DIARIO | INSTANTANEO |
| (miligramos por litro, excepto cuando se especifique otra) |                  |                 |             |
| Grasas y aceites   | 50               | 75              | 100         |
| Sólidos sedimentables (ml/l)                               | 5                | 7.5             | 10          |
| Arsénico total   | 0.5              | 0.75            | 1           |
| Cadmio total   | 0.5              | 0.75            | 1           |
| Cianuro total  | 1                | 1.5             | 2           |
| Cobre total  | 10               | 15              | 20          |
| Cromo hexavalente  | 0.5              | 0.75            | 1           |
| Mercurio total   | 0.01             | 0.015           | 0.02        |
| Níquel total   | 4                | 6               | 8           |
| Plomo total  | 1                | 1.5             | 2           |
| Zinc total   | 6                | 9               | 12          |

5.- La materia flotante debe estar ausente en las descargas de aguas residuales, de acuerdo al método de prueba establecido en la Norma Mexicana NMX-AA-006, referida en el punto 2 de esta Norma Oficial Mexicana.

6.- Los límites máximos permisibles para los parámetros demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos totales, que debe cumplir el responsable de la descarga a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, son los establecidos en la Tabla 1.4 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996 referida en el punto 2 de esta Norma, o a las condiciones particulares de descarga que corresponde cumplir a la descarga municipal.

7.- No se deben descargar o depositar en los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, materiales o residuos considerados peligrosos, conforme a la regulación vigente en la materia.

### 1.4.3 NOM-003-ECOL-1997

Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen servicios al público Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 21 de septiembre de 1998 y entró en vigor el día 22 de septiembre de 1998. (CNA, 2005).

#### 1.4.3.1 Especificaciones

1.- Los límites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales tratadas son los establecidos en la Tabla 1.5 de esta Norma Oficial Mexicana.

**TABLA 1.5** Límites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales tratadas. (CNA, 2005).

| LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES            |                               |                          |                       |                       |          |
|---|-------------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| TIPO DE REUSO   | PROMEDIO MENSUAL              |                          |                       |                       |          |
|   | Coliformes fecales NMP/100 ml | Huevos de helminto (h/l) | Grasas y aceites mg/l | DBO <sub>5</sub> mg/l | SST mg/l |
| SERVICIOS AL PUBLICO CON CONTACTO DIRECTO               | 240                           | [1                       | 15                    | 20                    | 20       |
| SERVICIOS AL PUBLICO CON CONTACTO INDIRECTO U OCASIONAL | 1,000                         | [5                       | 15                    | 30                    | 30       |

2.- La materia flotante debe estar ausente en el agua residual tratada, de acuerdo al método de prueba establecido en la Norma Mexicana NMX-AA-006, referida en el punto 2 de esta Norma Oficial Mexicana.

3.- El agua residual tratada reusada en servicios al público, no deberá contener concentraciones de metales pesados y cianuros mayores a los límites máximos permisibles establecidos en la columna que corresponde a embalses naturales y artificiales con uso en riego agrícola de la Tabla 3 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, referida en el punto 2 de esta Norma.

4.- Las entidades públicas responsables del tratamiento de las aguas residuales que reusen en servicios al público, tienen la obligación de realizar el monitoreo de las aguas tratadas en los términos de la presente Norma Oficial Mexicana y de conservar al menos durante los últimos tres años los registros de la información resultante del muestreo y análisis, al momento en que la información sea requerida por la autoridad competente.

**NOTA:** Los objetivos, campos de aplicación y especificaciones completas de cada una de estas normas se pueden encontrar en la página electrónica de la Comisión Nacional del Agua (CNA).

## **1.5 Características del agua residual generada en la zona**

Para llegar a una correcta caracterización del agua residual que se genera en el Municipio de San Andrés, se recurrió a los análisis previamente realizados por el “Sistema Operador de

Agua Potable y Alcantarillado de Puebla” (SOAPAP). En cuanto a esto cabe mencionar la situación actual que vive el municipio en relación al control y manejo de aguas residuales, así como también aquellos organismos que están encargados de llevar a cabo estas tareas. En el ayuntamiento de San Andrés se cuenta con un Departamento de Saneamiento el cual está ligado directamente con la Presidencia municipal, dicho departamento se creó de forma provisional con la finalidad de atender las necesidades básicas de la comunidad mientras se crea un sistema operador de agua potable y alcantarillado exclusivo para el municipio, cuya aceptación está dada por el congreso del Estado que ya trabaja en ello. El ayuntamiento de San Andrés al no tener la capacidad para atender los problemas de saneamiento de aguas residuales que genera el municipio, se apoya en el Sistema Operador de Agua Potable y Alcantarillado de Puebla, tomando en cuenta que San Andrés forma parte de la zona conurbada de la ciudad y SOAPAP tiene la capacidad para brindar dicho apoyo. Los servicios prestados por el SOPAP tienen un costo en función del gasto que se genera en el municipio. El SOAPAP al brindar este servicio, se encarga de monitorear el agua que recolecta, estableciendo una caracterización de la misma basada en las tres tomas principales que componen la red de colectores marginales, las cuales son:

- Punto vía N° 1
- Punto vía N° 2
- Puente la Virgen

A continuación se presentan los datos que arrojó el análisis realizado el 14 de Junio de 2002, en dichos puntos:

**Fuente:** Punto Vía N° 1

**Localidad:** San Pedro y San Andrés Cholula

**Municipio:** San Pedro y San Andrés Cholula

**Fecha de Muestreo:** 14 Junio de 2002

**Hora:** 13:00

**Fecha de Análisis:** 17 Junio de 2002

**Tabla 1.6** Características del agua muestreada en el Punto Vía No. 1  
(SOAPAP: Datos proporcionados por el departamento de calidad del agua)

| PARAMETRO                                  | CONCENTRACIÓN<br>CUANTIFICADA | NOM 001-ECOL-1996 | METODO DE ANALISIS<br>NORMA OFICIAL | DIAGNOSTICO |
|--|-------------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------|
| ph (unidades de ph)                        | 7.26                          | 5 a 10            | NMX-AA-8-1980                       | No Excede   |
| Materia Foltante (presente/ausente)        | Presente                      | Ausente           | DGN-AA-6-1973                       | Excede      |
| Solidos Suspendidos Totales (mg/l)         | 450                           | 125               | NMX-AA-34-1981                      | Excede      |
| Solidos Sedimentables (ml/l)               | 2.5                           | 2                 | NMX-AA-4-1984                       | Excede      |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 Dia (mg/l) | 437                           | 150               | NMX-AA-28-1981                      | Excede      |
| Fosforo Total /mg/l)                       | 14.79                         | 30                | NMX-AA-29-1981                      | No Excede   |
| Nitrógeno Total (mg/l)                     | 53.67                         | 60                | NMX-AA-26-1980                      | No Excede   |
| Grasas y Aceites (mg/l)                    | 46.6                          | 25                | NMX-AA-5-1981                       | Excede      |
| Coliformes Fecales (NMP/100ml)             | 4000000                       | 2000              | NMX-AA-42-1987                      | Excede      |
| <b>METALES PESADOS</b>                     |                               |                   |                                     |             |
| Arsénico                                   | <.004                         | 0.2               | NMX-AA-051-SCFI-2001                | No Excede   |
| Cadmio                                     | <.004                         | 0.2               | NMX-AA-051-SCFI-2001                | No Excede   |
| Cobre                                      | <.041                         | 6                 | NMX-AA-051-SCFI-2001                | No Excede   |
| Cromo                                      | <.021                         | 1                 | NMX-AA-051-SCFI-2001                | No Excede   |
| Mercurio                                   | 0.0023                        | 0.01              | NMX-AA-051-SCFI-2001                | No Excede   |
| Plomo                                      | <.064                         | 0.4               | NMX-AA-051-SCFI-2001                | No Excede   |
| Zinc                                       | 0.145                         | 20                | NMX-AA-051-SCFI-2001                | No Excede   |
| Niquel                                     | <.087                         | 4                 | NMX-AA-051-SCFI-2001                | No Excede   |
| Cianuros                                   | <.008                         | 2                 | NMX-AA-58-1982                      | No Excede   |

**Fuente:** Punto Vía N° 2

**Localidad:** San Pedro y San Andrés Cholula

**Municipio:** San Pedro y San Andrés Cholula

**Fecha de Muestreo:** 14 Junio de 2002

**Hora:** 13:00

**Fecha de Análisis:** 17 Junio de 2002

**Tabla 1. 7** Características del agua muestreada en el Punto Vía No. 2  
(SOAPAP: Datos proporcionados por el departamento de calidad del agua)

| PARAMETRO                                  | CONCENTRACIÓN<br>CUANTIFICADA | NOM 001-ECOL-1996 | METODO DE ANALISIS<br>NORMA OFICIAL | DIAGNOSTICO |
|--|-------------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------|
| ph (unidades de ph)                        | 7.5                           | 5 a 10            | NMX-AA-8-1980                       | No Excede   |
| Materia Foltante (presente/ausente)        | Presente                      | Ausente           | DGN-AA-6-1973                       | Excede      |
| Solidos Suspendidos Totales (mg/l)         | 200                           | 125               | NMX-AA-34-1981                      | Excede      |
| Solidos Sedimentables (ml/l)               | 2.5                           | 2                 | NMX-AA-4-1984                       | Excede      |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 Dia (mg/l) | 241                           | 150               | NMX-AA-28-1981                      | Excede      |
| Fosforo Total /mg/l)                       | 14.1                          | 30                | NMX-AA-29-1981                      | No Excede   |
| Nitrógeno Total (mg/l)                     | 38.58                         | 60                | NMX-AA-26-1980                      | No Excede   |
| Grasas y Aceites (mg/l)                    | 64.3                          | 25                | NMX-AA-5-1981                       | Excede      |
| Coliformes Fecales (NMP/100ml)             | 4000000                       | 2000              | NMX-AA-42-1987                      | Excede      |
| <b>METALES PESADOS</b>                     |                               |                   |                                     |             |
| Arsénico                                   | <.004                         | 0.2               | NMX-AA-051-SCFI-2001                | No Excede   |
| Cadmio                                     | <.004                         | 0.2               | NMX-AA-051-SCFI-2001                | No Excede   |
| Cobre                                      | .054                          | 6                 | NMX-AA-051-SCFI-2001                | No Excede   |
| Cromo                                      | <.021                         | 1                 | NMX-AA-051-SCFI-2001                | No Excede   |
| Mercurio                                   | .0008                         | 0.01              | NMX-AA-051-SCFI-2001                | No Excede   |
| Plomo                                      | <.064                         | 0.4               | NMX-AA-051-SCFI-2001                | No Excede   |
| Zinc                                       | 0.100                         | 20                | NMX-AA-051-SCFI-2001                | No Excede   |
| Niquel                                     | .281                          | 4                 | NMX-AA-051-SCFI-2001                | No Excede   |
| Cianuros                                   | <.008                         | 2                 | NMX-AA-58-1982                      | No Excede   |

**Fuente:** Puente la Virgen

**Localidad:** San Pedro y San Andrés Cholula

**Municipio:** San Pedro y San Andrés Cholula

**Fecha de Muestreo:** 14 Junio de 2002

**Hora:** 16:00

**Fecha de Análisis:** 17 Junio de 2002

**Tabla 1.8** Características del agua muestreada en el Puente la Virgen.  
(SOAPAP: Datos proporcionados por el departamento de calidad del agua)

| PARAMETRO                                  | CONCENTRACIÓN<br>CUANTIFICADA | NOM 001-ECOL-1996 | METODO DE ANALISIS<br>NORMA OFICIAL | DIAGNOSTICO |
|--|-------------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------|
| ph (unidades de ph)                        | 7.33                          | 5 a 10            | NMX-AA-8-1980                       | No Excede   |
| Materia Foltante (presente/ausente)        | Presente                      | Ausente           | DGN-AA-6-1973                       | Excede      |
| Solidos Suspendidos Totales (mg/l)         | 111.1                         | 125               | NMX-AA-34-1981                      | No Excede   |
| Solidos Sedimentables (ml/l)               | 2.5                           | 2                 | NMX-AA-4-1984                       | Excede      |
| Demanda Bioquímica de Oxigeno 5 Dia (mg/l) | 381                           | 150               | NMX-AA-28-1981                      | Excede      |
| Fosforo Total /mg/l)                       | 17.41                         | 30                | NMX-AA-29-1981                      | No Excede   |
| Nitrógeno Total (mg/l)                     | 57.56                         | 60                | NMX-AA-26-1980                      | Excede      |
| Grasas y Aceites (mg/l)                    | 17.7                          | 25                | NMX-AA-5-1981                       | No Excede   |
| Coliformes Fecales (NMP/100ml)             | 70000000                      | 2000              | NMX-AA-42-1987                      | Excede      |
| <b>METALES PESADOS</b>                     |                               |                   |                                     |             |
| Arsénico (mg/l)                            | <.004                         | 0.2               | NMX-AA-051-SCFI-2001                | No Excede   |
| Cadmio (mg/l)                              | <.004                         | 0.2               | NMX-AA-051-SCFI-2001                | No Excede   |
| Cobre (mg/l)                               | .054                          | 6                 | NMX-AA-051-SCFI-2001                | No Excede   |
| Cromo (mg/l)                               | <.021                         | 1                 | NMX-AA-051-SCFI-2001                | No Excede   |
| Mercurio (mg/l)                            | .0008                         | 0.01              | NMX-AA-051-SCFI-2001                | No Excede   |
| Plomo (mg/l)                               | <.064                         | 0.4               | NMX-AA-051-SCFI-2001                | No Excede   |
| Zinc (mg/l)                                | 0.100                         | 20                | NMX-AA-051-SCFI-2001                | No Excede   |
| Niquel (mg/l)                              | .281                          | 4                 | NMX-AA-051-SCFI-2001                | No Excede   |
| Cianuros (mg/l)                            | <.008                         | 2                 | NMX-AA-58-1982                      | No Excede   |

## **1.6 Relevancia de la construcción de una planta de tratamiento de agua residual**

Una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es aquella que recoge el agua residual de una comunidad o de una industria y, después de una serie de tratamientos y procesos, la devuelve a un cuerpo receptor ya sea río, embalse, alcantarillado en mejores condiciones. Tomando como definición de agua residual la siguiente:

- Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.  
(NOM-001-ECOL-1996)

En este caso el análisis y diseño de una planta de tratamiento de agua residual para su previa construcción y operación en el municipio de San Andrés Cholula, resulta de gran importancia. En primer lugar, debido al desarrollo a nivel habitacional, comercial, educativo e industrial que marcan un claro crecimiento de la Ciudad hacia la zona Nor-Poniente de la misma, y por consiguiente un crecimiento poblacional importante que seguramente se mantendrá en aumento en los siguientes años. Con esto el Municipio de San Andrés ha pasado a formar parte de la zona conurbada de la ciudad de Puebla con mayor desarrollo. Haciendo caso a esto, las aguas residuales ya representan un problema que debe ser solucionado mucho antes de que el crecimiento de la ciudad lo impida o lo complique. Por otro lado la cantidad de contaminantes que se descarga a los cuerpos receptores, provenientes en su mayoría de uso doméstico y en menor cantidad de pequeñas industrias, genera focos de infección para los habitantes de la zona puesto que el sistema de conducción de aguas residuales en su mayoría es a base de colectores que descargan posteriormente en canales o pequeños ríos que se encuentran al aire libre. Esto último imposibilita el reúso del agua para fines de riego puesto que no se le da

ningún tratamiento. Lo cual repercutirá en el desarrollo de la zona a nivel agrícola. Aunado a esto se pretenden aprovechar los lodos generados por el tratamiento copiando el programa de mejoramiento de suelos agrícolas que se realizó en una parcela de temporal en la Junta Auxiliar de San Baltazar Tetela para la siembra de maíz y frijol. El cual ha tenido excelentes resultados. Este programa proporcionará grandes beneficios a la comunidad que en un porcentaje elevado vive de los productos que siembra.

Un punto de importancia es la afectación que puede generar la construcción de una planta de tratamiento de agua residual a su entorno, la cual será positiva, siempre y cuando, se sigan los procedimientos adecuados para el análisis de impacto ambiental. De esto podrá obtener una correcta selección de sitio y por consiguiente un desarrollo positivo de la zona en estudio así como de aquellas que se relacionen con esta. Es decir que la correcta implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad beneficiará el control y saneamiento de los cauces no únicamente del municipio si no también de aquellos en los que descargan aguas abajo y que por consiguiente son de mayor envergadura.