

## INDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
<b>I</b>	<b>DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>
	<b>I-1</b>
I.1	PROYECTO
	I-1
I.1.1	Nombre del proyecto
	I-1
I.1.2	Ubicación del proyecto
	I-1
I.1.3	Tiempo de vida útil del proyecto.
	I-1
I.1.4	Políticas de crecimiento a futuro
	I-3
I.2	PROMOVENTE
	I-3
I.2.1	Nombre o razón social
	I-3
I.2.2	Acta constitutiva y Registro Federal de Contribuyentes del promovente.
	I-3
I.2.3	Nombre y cargo del representante legal
	I-4
I.2.4	Dirección del promovente
	I-4
I.3	RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
	I-4
I.3.1	Nombre del responsable de la elaboración del estudio
	I-4
I.3.2	Razón Social
	I-4
I.3.3	Registros
	I-4
I.3.4	Cédula Profesional
	I-5
I.3.5	Domicilio para oír y recibir notificaciones
	I-5
<b>II</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>
	<b>II-1</b>
II.1	INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO
	II-1
II.1.1	Naturaleza del Proyecto
	II-1
II.1.2	Selección del Sitio
	II-5
II.1.3	Ubicación física del proyecto y planos de localización
	II-12
II.1.4	Inversión Requerida
	II-14
II.1.5	Dimensiones del proyecto
	II-15
II.1.6	Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias.
	II-16
II.1.7	Urbanización del área y descripción de servicios requeridos
	II-16
II.2	CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO
	II-17
II.2.1	Descripción del proceso de tratamiento que recibirá el agua
	II-17
II.2.2	Programa general de trabajo
	II-27
II.2.3	Preparación del sitio
	II-28
II.2.4	Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto
	II-28
II.2.5	Etapa de construcción
	II-30
II.2.6	Etapa de operación y mantenimiento
	II-38
II.2.7	Descripción de obras asociadas al proyecto
	II-43
II.2.8	Etapa de abandono del sitio
	II-44
II.2.9	Utilización de explosivos
	II-44
II.2.10	Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera.
	II-44
II.2.11	Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos
	II-48

<b>III</b>	<b>VINCULACION CON LOS ORDENAMIENTOS JURIDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACION DEL USO DE SUELO</b>	<b>III-1</b>
III.1	ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN	III-1
III.1.1	Ordenamientos ecológicos decretados.	III-1
III.1.2	Plan o programa parcial de desarrollo urbano estatal o de centro de población.	III-1
III.1.3	Programas sectoriales.	III-4
III.1.4	Programas de manejo de áreas naturales protegidas, cuando sea el caso.	III-6
III.1.5	Programas de Desarrollo Regional Sustentable (PRODERS)	III-6
III.1.6	Regiones prioritarias para la conservación de la biodiversidad, establecidas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de a Biodiversidad (Conabio).	III-6
III.2	Análisis de los instrumentos normativos	III-7
III.2.1	Leyes	III-7
III.2.2	Reglamentos	III-8
III.2.3	Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas	III-9
III.2.4	Decretos, programas y/o acuerdos de vedas forestales	III-12
III.2.5	Calendarios cinegéticos	III-13
<b>IV</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO</b>	<b>IV 1</b>
IV.1	DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	IV-1
IV.1.1	Justificación del área de estudio	IV-1
IV.1.2	Dimensiones del proyecto, distribución de obras y actividades a desarrollar	IV-2
IV.1.3	Factores Sociales	IV-3
IV.1.4	Usos de suelo	IV-3
IV.2	CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL	IV-4
IV.2.1	Aspectos abióticos.	IV-4
IV.2.2	Aspectos bióticos	IV-16
IV.2.3	Paisaje	IV-28
IV.2.4	Medio socioeconómico	IV-29
IV.2.5	Diagnóstico ambiental	IV-37
<b>V</b>	<b>IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.</b>	<b>V-1</b>
V.1	ETODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES	V-1
V.1.1	Indicadores de impacto	V-1
V.1.2	Lista indicativa de indicadores de impacto	V-1
V.1.3	Criterios y metodologías de evaluación	V-2
V.2	EVALUACIÓN CUALITATIVA DE IMPACTOS GENERADOS	V-8
V.3	EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LOS IMPACTOS GENERADOS	V-23

<b>VI</b>	<b>MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.</b>	<b>VI-1</b>
VI.1	Medidas de Prevención y Mitigación propuestas	VI-2
VI.2	Plan de Contingencia	VI-18
VI.3	Procedimiento especial de combate de incendio	VI-18
<b>VII</b>	<b>PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS</b>	<b>VII-1</b>
VII.1	PRONÓSTICO DEL ESCENARIO	VII-1
VII.2	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL	VII-2
VII.3	CONCLUSIONES	VII-3
VII.4	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	VII-8

#### **ANEXOS**

- FOTOGRAFICO
- CARTOGRAFICO
- DOCUMENTOS LEGALES
- MEMORIA DE CÁLCULO
- MECANICA DE SUELO
- CATALOGO DE CONCEPTOS
- PLANOS

# MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL SECTOR “HIDRÁULICO” MODALIDAD PARTICULAR

## PLANTA POTABILIZADORA DE LA MINTZITA EN MORELIA, MICHOACÁN

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

#### I.1 Proyecto

##### I.1.1 Nombre del proyecto

**PLANTA POTABILIZADORA DE LA MINTZITA EN MORELIA, MICHOACÁN**

##### I.1.2 Ubicación del proyecto

La ciudad de Morelia, capital del Estado, se encuentra localizada en la región centro-norte del estado de Michoacán de Ocampo, en las coordenadas geográficas 19° 42´ 06” Latitud Norte y 101° 11´ 07” Longitud Oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 1,920 msnm.

La ubicación de la Planta Potabilizadora se encuentra en la localidad de La Mintzita, a 5 kilómetros de la ciudad de Morelia, en las coordenadas geográficas 19° 39´ 05” Latitud Norte y 101° 16´ 15” Longitud Oeste a una altitud sobre el nivel del mar de 1,940 metros sobre el nivel del mar.

##### I.1.3 Tiempo de vida útil del proyecto.

Se considera que la vida útil del proyecto asciende a 20 años, periodo que aumentará o disminuirá de acuerdo al tipo y frecuencia de mantenimientos preventivos y correctivos que se programen. Es común que este tipo de obras se modernicen reemplazando sus componentes y adecuando su funcionamiento a las necesidades existentes. Al finalizar este periodo, y de acuerdo al tipo de proyecto que se trata, no se pretende su abandono sino la rehabilitación, modernización y quizá la ampliación de la infraestructura proyectada, para continuar dando el servicio para el cual fue concebido el presente proyecto.

La vida útil de los elementos de la Planta Potabilizadora dependerá básicamente del adecuado mantenimiento que se les dé, a mejor mantenimiento mayor vida útil. Por lo cual es imprescindible llevar a cabo programas de mantenimiento preventivo y correctivo que además de garantizar el buen funcionamiento de los elementos de la Planta Potabilizadora sirvan para alargar su vida útil, para lograr esto de una manera exitosa deberán implementar cursos de capacitación para los operadores y que éstos conozcan a detalle el manual de operación; se deberán llevar a cabo inspecciones periódicas de los elementos que

conforman la planta para detectar cualquier anomalía en su funcionamiento. Es imprescindible que las instalaciones se mantengan en buen estado, será necesario llevar a cabo un buen programa de mantenimiento y lubricación de equipos lo cual es primordial para una buena operación, se deberán pintar las instalaciones y sus respectivos elementos por lo menos cada 2 años o antes si es necesario, lo cual ayudará a evitar la corrosión de los elementos. En la tabla I.1 se señala la vida útil de los componentes más representativos de la Planta Potabilizadora.

**TABLA I.1 VIDA ÚTIL DE LOS ELEMENTOS MÁS IMPORTANTES DE LA PLANTA POTABILIZADORA**

Elemento	Vida útil promedio	Observaciones
Bombas	15 años	Para un correcto funcionamiento y alargar la vida útil deberán revisarse y reemplazar sus elementos gastados cada 2, 5 y 10 años y cada vez que se requiera.
Dosificadores de cloro	15 años	Se deberá llevar mantenimiento periódico y cambiar el rotámetro cada 3 años aproximadamente.
Tanques de cloro	5 a 7 años	Su vida útil depende del cuidado que se les dé. Al cargarlos con gas cloro puede introducirse en ellos aire cuya humedad puede corroerlos.
Rastras Sedimentador	20 años	Se deberán pintar por lo menos cada 2 años con el fin de evitar su corrosión.
Filtros Banda	Carcaza 40 años, Bandas cada 5 años, Rodillos y tornillería de 5 a 7 años.	Se deberá llevar mantenimiento periódico y revisión de las instalaciones.
Alarmas	5 años	Deben dárseles mantenimiento periódico para evitar que se peguen.
Válvulas	30 años	Dar mantenimiento cada 7 años o cuando se requiera cambiar empaques.
Válvulas check	2 a 3 años	Se deberá llevar mantenimiento periódico de lubricación, pintura para evitar su corrosión y revisión de tornillos y juntas.
Tuberías de PVC	40 años o más	Son ligeras y en caso de estar superficiales pueden llegar a romperse al someterse a cargas excesivas.
Tubería de PRFV (poliéster recubierto con fibra de vidrio)	50 años	No se presentan incrustaciones ni corrosión

FUENTE: Catálogos de proveedoras de los diferentes elementos enunciados.

#### I.1.4 Políticas de crecimiento a futuro

El diseño de la planta permitirá el crecimiento a futuro según se vaya a requiriendo de acuerdo al incremento en el flujo, sin embargo el proyecto actual no incluye ninguna política de crecimiento a futuro.

En el proyecto se consideran las previsiones necesarias para manejar el caso más desfavorable durante la operación, es decir, tener la llegada del flujo máximo a tratar y algún equipo y/o modulo de tratamiento parcialmente fuera de operación por fallas imprevistas y/o mantenimiento preventivo.

Los gastos de diseños considerados se muestran a continuación.

Caudal máximo diario	0.750 m <sup>3</sup> /s
Caudal medio diario	0.750 m <sup>3</sup> /s
Caudal mínimo diario	0.400 m <sup>3</sup> /s

#### I.2 Promovente

##### I.2.1 Nombre o razón social

ORGANISMO OPERADOR DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE MORELIA (OOAPAS)

##### I.2.2 Acta constitutiva y Registro Federal de Contribuyentes del promovente.

Acuerdo legislativo de creación publicado el 12 de junio de 1995 en el periódico oficial del Estado, documento incluido en el Anexo "Documentos Legales".

RFC OOA 950612 U6A

Protección de datos personales LFTAIPG

;

;

—

### I.2.3 Nombre y cargo del representante legal

#### Protección de datos personales LFTAIPG

RFC: Protección de datos personales LFTAIPG

CURP: Protección de datos personales LFTAIPG

Protección de datos personales LFTAIPG

Nombramiento mediante acta de la Junta de Gobierno Del Organismo Operador de fecha 14 de enero de 2005, incluida copia en el Anexo Documentos Legales.

### I.2.4 Dirección del promovente

## DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG

### I.3 Responsable de la elaboración del estudio de Impacto Ambiental

#### I.3.1 Nombre del responsable de la elaboración del estudio

Protección de datos personales LFTAIPG

#### I.3.2 Razón Social

Protección de datos personales LFTAIPG

### I.3.3 Registros

SUMA: Protección de datos personales LFTAIPG

RFC: Protección de datos personales LFTAIPG

CURP: Protección de datos personales LFTAIPG

Protección de datos personales LFTAIPG

### I.3.4 Cédula Profesional

No. Protección de datos personal

Protección de datos personales LFTAIPG

### I.3.5 Domicilio para oír y recibir notificaciones

Protección de datos personales LFTAIPG



I	DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....	I-1
I.1	Proyecto .....	I-1
I.1.1	Nombre del proyecto .....	I-1
I.1.2	Ubicación del proyecto .....	I-1
I.1.3	Tiempo de vida útil del proyecto. ....	I-1
I.1.4	Políticas de crecimiento a futuro .....	I-3
I.2	Promovente .....	I-3
I.2.1	Nombre o razón social .....	I-3
I.2.2	Acta constitutiva y Registro Federal de Contribuyentes del promovente.....	I-3
I.2.3	Nombre y cargo del representante legal .....	I-4
I.2.4	Dirección del promovente .....	I-4
I.3	Responsable de la elaboración del estudio de Impacto Ambiental.....	I-4
I.3.1	Nombre del responsable de la elaboración del estudio .....	I-4
I.3.2	Razón Social .....	I-4
I.3.3	Registros .....	I-5
I.3.4	Cédula Profesional.....	I-5
I.3.5	Domicilio para oír y recibir notificaciones.....	I-5

## II DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

#### II.1.1 Naturaleza del Proyecto

El manantial de la Mintzita, es el segundo manantial en importancia dentro del Estado de Michoacán, su caudal es destinado para consumo humano para aproximadamente el 30% de la población de la Ciudad de Morelia. Además, es una fuente de abastecimiento para la industria papelera CRISOBA, adyacente al vaso del manantial.

El manantial de la Mintzita aflora al suroeste de la ciudad de Morelia y constituye una de las más importantes fuentes de abastecimiento de la ciudad, operada por el Organismo Operador de Agua Potable y Saneamiento de Morelia (OOAPAS)

El Ayuntamiento de la ciudad de Morelia a través del Organismo Operador de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Morelia (OOAPAS) está implementando el proyecto de ampliación del abastecimiento de agua potable a la ciudad de Morelia. Dentro de estas obras está el incremento de la capacidad de conducción del acueducto de captación del agua de la presa de La Mintzita, por lo que se deberá realizar el proyecto y construcción de la Potabilizadora La Mintzita con el objetivo de potabilizar un caudal promedio de 1.5 m<sup>3</sup>/s.

El terreno seleccionado para ubicar la Potabilizadora de la Mintzita se encuentra al Suroeste de la ciudad de Morelia, cerca de la presa La Mintzita, en las inmediaciones de la obra de toma de CRISOBA, en donde recibirá el agua por gravedad por lo que al inicio se deberá tener una obra de toma y una planta de bombeo. El sitio de estudio se ubica dentro de la zona declarada protegida, con todas las restricciones normativas de este tipo de áreas ecológicas.

Si bien el decretar el área protegida persigue la recuperación del sitio, su conservación y mantener el agua en cantidad y calidad para poder ser abastecida, por la naturaleza de la fuente y las restricciones para su captación, es de preverse que persistan problemas de mala calidad, como sólidos, color y olor, sobre todo en determinadas épocas del año, por lo que se considera necesario construir en esta zona una planta potabilizadora, cuya finalidad sería garantizar, bajo cualquier circunstancia a lo largo del año, que el agua cumpla con las condiciones de calidad que se requieren para su uso y consumo.

El origen del área protegida es debido al servicio ambiental que ofrece el área en cuanto a la capacidad de recarga de agua y con ello garantizar el agua del manantial para abastecimiento, por lo que el proyecto no se contrapone a lo estipulado ya que se protege el área para garantizar el abastecimiento y con el proyecto se garantiza la calidad de dicho abastecimiento.

El documento indica que en el área de la Mintzita no se permitirá la ejecución de obras públicas o privadas que afecten el equilibrio ecológico del lugar. Por lo cual se deberán tomar

medidas preventivas y de mitigación para no afectar el medio situación que se persigue con el presente trabajo.

Pese a la importancia que tiene la aportación del recurso para abastecimiento de la población de Morelia, los manantiales que conforman La Mintzita, juntamente con el vaso, se han visto seriamente afectados por el descuido, la existencia de descargas de agua residuales, la presencia de asentamientos irregulares, las actividades humanas como lavado de ropa, aseo personal y agostadero de ganado han contribuido a la degradación del recurso, lo que, no solo ha afectado la cantidad, sino la calidad de este recurso natural, afectando directamente a las comunidades biológicas y poniendo en riesgo incluso la salud pública de quienes consumen este líquido vital.

Sin embargo, por la naturaleza de la fuente y las restricciones para su captación, es de preverse que persistan problemas de mala calidad, como sólidos, color y olor, sobre todo en determinadas épocas del año, por lo que se considera necesario construir en esa zona una planta potabilizadora, cuya finalidad sería garantizar, bajo cualquier circunstancia a lo largo del año, que el agua cumpla con las condiciones de calidad que se requieren para su uso y consumo.

El proyecto queda incluido dentro de las obras que requieren autorización en cuanto a impacto ambiental de acuerdo al artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEGEEPA) y al artículo 5º de su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, en el cual en su inciso A) Obras Hidráulicas, Fracción XI. Plantas potabilizadoras para el abasto de redes de suministro a comunidades, cuando esté prevista la realización de actividades altamente riesgosas, situación que se tiene al integrarse cloración como medio de desinfección.

Con la construcción de la Planta Potabilizadora se persiguen los siguientes objetivos:

- Garantizar la buena calidad del agua que se abastece a la población todo el año.
- Disminuir índices de morbilidad al tener agua de mejor calidad en los cuerpos de agua.
- Mejorar la calidad de vida de la población.

Al observar los valores máximos reportados en el resumen de calidad del agua del registro histórico del OOAPAS comparado con la norma NOM-127-SSA1-1994. Se tiene que los valores que se rebasan son la turbiedad con un promedio de 7.09 UT en comparación con 5 UT y el color con 57.5 con 20 unidades de la escala Pt-Co.

Otros parámetros que se rebasaron por los máximos son el pH que alcanzó 8.7 en comparación con 8.5 lo cual fue ocasional y posiblemente se debió a una causa extraordinaria como se puede observar en la tabla siguiente la comparación con la norma.

**TABLA II 1 RESUMEN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL PERIODO 1997-2005**

PARAMETRO	PERIODO 1997-2005		NOM-127-SSA1-1994
	PROMEDIO	MÁXIMO	
Turbiedad	7.0	185.0	5.0
pH	7.4	8.70	6.5 a 8.5
Cloro Residual	0.8	12.0	0.2 a 1.50
Color	57.5	1,770.0	20.0
Conductividad	155.6	436.0	
Alcalinidad a la Fenolftaleína	0.0	0.0	
Alcalinidad total	76.3	132.0	
Dureza total	79.1	148.0	500.0
Dureza de Calcio	35.4	323.0	
Dureza de Magnesio	43.7	108.0	
Sulfatos	12.1	85.9	400.0
Cloruros	15.7	170.0	250.0
Fierros	0.2	11.0	0.3
Nitrógeno de Nitratos	2.1	28.8	10.0
Sólidos totales	164.2	442.0	1,000.0
Manganeso	0.05	0.52	0.15

Fuente: Registro Histórico de 1997-2005 de la calidad de agua del manantial de la Mintzita OOAPAS

De acuerdo a los datos anteriores es conveniente un proceso de clarificación convencional mediante las siguientes operaciones unitarias:

- Dosificación de productos Químicos
- Mezcla
- Floculación
- Sedimentación
- Filtración
- Desinfección final

El caudal de diseño de la Potabilizadora de acuerdo a la Ingeniería Básica de proyecto es de 1.5 m<sup>3</sup> l/s.

Parámetros de diseño de las instalaciones y su repercusión en el comportamiento de las instalaciones en operación:

Calidad del agua

Turbiedad            15 UTN  
 Color                    50 U Pt-Co.

Dosificación de productos químicos

Sulfato de aluminio	15 mg/l
Polímero	0.5 mg/l
Cloro	5 mg/l

El diseño de las instalaciones se realizó conforme a la bibliografía especializada y a la que avala la Comisión Nacional del Agua en sus manuales de diseño.

Adicionalmente se requerirá la infraestructura siguiente para la operación de la Planta Potabilizadora:

- Obra de toma o captación
- Caja de llegada
- Floculador
- Sedimentador
- Filtros
- Tralf
- Espesador
- Filtro banda
- Tanque de recuperación de agua de lavado de filtros
- Edificio central
- Edificio de dosificación
- Caseta de cloración
- Caseta de vigilancia
- Caseta de sulfato de aluminio
- Caseta de polímeros
- Caseta de sopladores
- Caseta y galería de operación de filtros
- Caseta de la subestación y del CCM
- Carcamo de agua recuperadora de Lodos

Ya que para el proceso de desinfección se ocupará cloro para lograr la calidad requerida del efluente y debido a que en el proceso se establece una cantidad de cloro mayor que las señaladas en la cantidad de reporte (mayor a 1 kg), definida dentro del primer listado de actividades altamente riesgosas publicado en el diario oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990, se considera que la operación de la potabilizadora, corresponde a una actividad altamente riesgosa por lo que a la par del presente estudio se presenta para su revisión y dictaminación un estudio de riesgo en nivel 2 “Análisis de riesgo”.

## II.1.2 Selección del Sitio

### II.1.2.1 Criterios ambientales, técnicos y socioeconómicos, considerados para la selección del sitio.

Para definir el sitio donde se ubicará la Potabilizadora La Mintzita se tomó en cuenta la configuración que tiene el sistema en lo que se refiere a: los sitios de afloramiento, la línea de conducción existente, la obra actual y la planta de bombeo existente.

La superficie que se requiere para la potabilizadora es de un mínimo de 3.5 ha, el terreno debe ser plano y tener una resistencia tal que soporte la estructura de la potabilizadora.

Los criterios considerados para la selección del sitio donde se ubicará la Planta Potabilizadora, son los siguientes:

- Su localización deberá obedecer a las necesidades de la configuración actual del sistema de la Mintzita se tiene en un principio la zona represada en la que se tienen varios afloramientos que se manifiestan en la descarga continua de agua que se lleva por el canal de conducción y donde se observa que el agua se capta por gravedad en un punto que dista alrededor de 1 km del último afloramiento de los manantiales, que se tiene cerca de la toma de la papelera CRISOBA.

En ese kilómetro que el agua escurre por gravedad en un canal a cielo abierto al perecer es donde el agua se contamina más, sobretodo al inicio de la época de lluvias, dado que las primeras lluvias acarrearán hacia el canal toda la basura la que se tiene en los terrenos aledaños al canal, inclusive excrementos originados de la actividad pecuaria existente en la zona.

- La conducción de aguas a la Potabilizadora se llevará a cabo por gravedad hasta el sitio del proyecto.
- La facilidad de adquisición de los terrenos requeridos para albergar el proyecto.

Una vez encontrado el sitio se llevaron a cabo estudios de topografía con el objeto de conocer la configuración del terreno, sus límites y colindancias, así como estudios de geotecnia con la finalidad de conocer las características y propiedades del terreno y mecánica de suelos para conocer el comportamiento de estos que albergaran las estructuras.

### II.1.2.2 Alternativas Propuestas

Se analizaron tres alternativas para la ubicación de la Planta Potabilizadora.

#### Alternativa N°1

Ubicación cerca de la obra de toma actual, las ventajas de esta son:

- a) Se utilizaría en su totalidad la línea de conducción de este sitio a la planta de bombeo actual, sin requerirse prácticamente ninguna longitud adicional, la que para incrementar el caudal conducido se haría trabajar a mayor presión que la actual.
- b) El terreno en esa zona desde el punto de vista geotécnico presenta mejores condiciones que cerca del último afloramiento, aunque menos favorables que en la planta de bombeo existente.
- c) Al captar el agua se necesitaría una planta de bombeo al inicio, con lo que se podría bajar un poco el nivel del agua en el punto de captación con lo que se disminuiría el problema de los agricultores de la zona, que se quejan de que al represar en ese punto para que trabaje mejor la captación actual, provoca que los niveles freáticos en sus terrenos sean muy superficiales y les afecten a sus cosechas.
- d) Al tener esta planta de bombeo hacia la potabilizadora, teniéndose ésta elevada sobre el terreno; la descarga de la potabilizadora se puede tener a un nivel más elevado que el nivel de agua de la toma actual, con lo que se estaría en mejor posibilidad de conducir un mayor caudal con la misma de conducción.

Sus principales desventajas son:

- a) Uno de los problemas del sistema actual es que en el tramo de canal a cielo abierto de 1 km después del último afloramiento, el agua se ve sujeta a contaminación y en este caso continuaría esa situación.
- b) Desde el punto de vista social, los terrenos en esa zona se trabajan para cultivos actualmente, por lo que se deberá negociar su adquisición y dado que su precio sería más caro que el de la alternativa N°1, es de esperarse que la negociación sea más difícil.

## **Alternativa N°2**

Ubicación de la Potabilizadora cerca del último afloramiento que es el sitio donde actualmente se tiene la toma de CRISOBA las ventajas de esta son:

- a) En forma semejante a la alternativa anterior, al captar el agua se necesitaría una planta de bombeo al inicio, con lo que se podría bajar un poco el nivel del agua en el punto de captación con lo que se disminuiría el problema de los agricultores de la zona, que se quejan de que la captación actual provoca que los niveles freáticos en sus terrenos sean muy superficiales y les afecten a sus cosechas. Pero en este caso la disminución del nivel podría ser mayor que en la alternativa anterior, con lo que en este aspecto será la alternativa que tiene mayores ventajas.
- b) Dado que es cerca del punto de afloramiento que se tendrá la nueva planta de bombeo, disminuirá el ahogamiento de los manantiales, sobre todo del último afloramiento, con lo que el caudal captado aumentará un poco, en magnitud difícil de definir, pero que se puede determinar ya en la operación del sistema.

- c) Al tener esta planta de bombeo, la descarga de la potabilizadora se puede tener a un nivel más elevado que el nivel del agua en la toma actual, con lo que se estaría en mejor posibilidad de conducir un mayor caudal con la misma línea de conducción. Este efecto será menor que en la alternativa anterior debido a la mayor longitud de conducción, pero permitirá también incrementar la capacidad de la conducción actual.
- d) Al quitar el tramo de un Km de canal a cielo abierto entre el último afloramiento y la toma actual y construir el tramo de tubería, se disminuirá el problema más grave de contaminación del sistema actual.
- e) Al parecer este terreno puede ser el más económico, dado que desde hace varios años no se cultiva, debido a que es el terreno más afectado por el nivel freático alto por el remanso de la toma actual.
- f) Desde el punto de vista social, se debe hacer ver a los lugareños que la localización de la toma en ese punto mediante obra de toma y planta de bombeo es la mejor solución a sus problemas de niveles de agua en sus terrenos, por lo que es la alternativa que debe tener menos problemas de aceptación de la gente.

Las desventajas de esta opción son:

- a) Se requiere construir el tramo de 1 km de tubería de 1.52 m de diámetro, lo que representará un costo adicional a las otras alternativas.
- b) El terreno en este sitio presenta condiciones geotécnicas menos favorables dado que son arcillas y tobas con muy poca capacidad de carga.
- c) En este sitio se tiene un acceso vehicular un poco más difícil que la alternativa anterior.

### **Alternativa N°3**

Ubicación de la Potabilizadora más cerca al área urbana las ventajas de esta son:

- a) Es el sitio más cercano al área urbana y por lo tanto es el que tiene mejores accesos vehiculares.
- b) Se tendría el mismo sitio de captación.
- c) Este terreno es el que presenta mejores condiciones desde el punto de vista de mecánica de suelos según la información que se recopiló a este respecto y a la inspección preliminar en este aspecto.
- d) Cerca de ese sitio se tienen ya zonas urbanizadas, lo que permitirá que el personal de operación tener un fácil acceso a la planta.
- e) La cercanía de la planta de bombeo existente, permitiría que el personal de operación de esa planta, integrara sus labores a las de la potabilizadora.

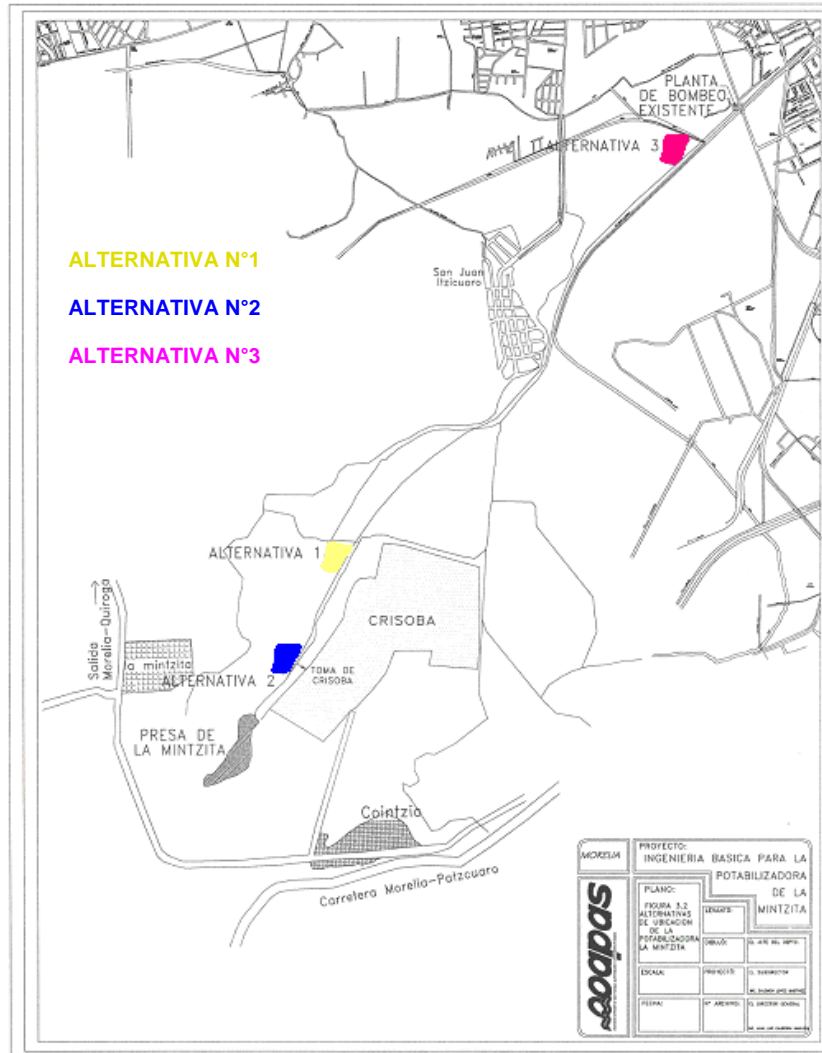


Sus desventajas son:

- a) El valor del terreno en este sitio sería el más elevado de las tres posibilidades, por su cercanía a la mancha urbana.
- b) Para incrementar el gasto captado, en el caso que se destinará el agua que actualmente toma la papelera CRISOBA, se requeriría poner una línea de conducción adicional a la existente o una planta de bombeo nueva, poniendo a trabajar a presión la línea existente.

El OOAPAS llegó a la conclusión de que de los terrenos estudiados el de la alternativa N°2 es el más factible y se acordó tomar esa localización para hacer la ingeniería básica que serviría posteriormente para el desarrollo del proyecto ejecutivo.

**FIGURA II 1 LOCALIZACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS 1, 2 Y 3**



**II.1.2.3 Estudios realizados:**

- Topográficos

Los trabajos realizados en este caso correspondieron al levantamiento del trazo y nivelación de una poligonal de apoyo desarrollada para el sitio que albergará la Planta Potabilizadora, complementado con el levantamiento de secciones transversales que permitieran tener la flexibilidad necesaria para definir con mayor precisión. El predio en estudio define una configuración topográfica con superficie plana.

En todos los casos se utilizó estación total con libreta electrónica con precisión de 0.5" tanto para el levantamiento de la poligonal de apoyo, por el método de ángulos y distancias, como para el de configuración de los sitios especiales por medio del método de radiaciones; y la nivelación correspondiente a la poligonal de apoyo se levantó utilizando nivel fijo y estadal,

ya esta metodología proporciona una mayor precisión en la determinación de la altimetría que el uso de la estación total.

- Mecánica de Suelos

La empresa Servicios y Consultores, S.C a través del Ing. Gildardo Vázquez Tirado, solicitó al Ing. Javier Calderón Guzmán se realizara un estudio de mecánica de suelos del predio, donde se pretende construir una planta potabilizadora.

El alcance de este estudio, se limita a conocer las características de los estratos superficiales, hasta una profundidad de 5.50 metros que permita determinar las características de los suelos encontrados a la profundidad explorada, así como determinar la capacidad de carga ( $q_{adm} = 18 \text{ Ton/m}^2$ ) y dar recomendaciones para la cimentación de las estructuras de la planta.

La planta potabilizadora estará formada por diferentes estructuras entre ellas los tanques de tratamiento y zona de oficinas.

#### Recomendaciones del estudio de mecánica de suelos

- Considerando los suelos encontrados en el predio las cimentaciones que se recomiendan para el desplante de las estructuras de la planta, es a base de losa de cimentación rígida con contrarabes.
- Considerando los resultados de los ensayos de compresión no confinada y utilizando la teoría de Terzaghi, la capacidad de carga admisible que se debe utilizar en el diseño de la cimentación es de  $3 \text{ ton/m}^2$ .
- Si se aplica una descarga uniforme en las estructuras igual al valor de la capacidad de carga admisible ( $3 \text{ ton/m}^2$ ) se tendrá un asentamiento máximo por consolidación primaria del orden de 18 cms.
- Si el valor de la capacidad de carga no es suficiente para soportar las descargas de las estructuras que se van a construir en la planta se deberá utilizar cimentación profunda a base de pilotes.
- Si alguna de las estructuras de la planta se requiere desplantar debajo de la superficie actual del terreno se deberá utilizar un sistema adecuado de bombeo para abatir el nivel de aguas freáticas.
- Se recomienda que durante la construcción de la Planta Potabilizadora se lleve un estricto control de calidad que garantice que los materiales cumplan con las normas de la S.C.T.

Se realizó un segundo estudio de mecánica de suelos de manera complementaria al primero, ante la necesidad de tener más elementos para el adecuado diseño estructural de la potabilizadora de la Mintzita.

## Recomendaciones del segundo estudio de mecánica de suelos

- En el sitio de estudio, superficialmente se encuentran suelos, compuestos por limos orgánicos de alta compresibilidad color negro, con materia orgánica y de consistencia natural “muy blanda” y bajo estos, subyacen fragmentos de roca basáltica. El primer estrato prácticamente no tiene resistencia, ya que el número de golpes en la prueba de penetración estándar es igual o menor de 2, así como la presencia del nivel freático a poca profundidad.
- Se recomienda no sobrepasar las capacidades de carga, para cada tipo de cimentación y desplantarse.
- En caso de no utilizar una losa de cimentación o cajón, se recomienda utilizar la alternativa de pilas de cimentación, desplantadas en el estrato resistente.
- La construcción del cajón deberá realizarse de manera que se altere lo menos posible la estructura natural del suelo y por la presencia del nivel freático se recomienda bombear constantemente para trabajar en seco, realizando los pozos de bombeo perimetrales necesarios para abatir el nivel freático.
- Sí se reblandece el terreno de desplante del cajón, se recomienda colocar un espesor de capa de filtro (hasta el nivel de la roca), el necesario para lograr la estabilización del suelo y colocar posteriormente la plantilla de concreto ( $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ ), para finalmente recibir la losa inferior del cajón de cimentación.
- Antes de que se presente el nivel de aguas freáticas (0.50 m) es conveniente construir un sistema de pozos de bombeo ó cárcamos, para extraer el agua, en forma distribuida estabilizando el fondo de la excavación y así reducir ó abatir el nivel de aguas freáticas, para trabajar en seco en la construcción de las cimentaciones de las estructuras.
- Al realizar la excavación se presentan expansiones del fondo de la misma y desplazamientos laterales de las paredes de la excavación, lo cual puede dañar las estructuras colindantes. Por esta razón, se recomienda realizar la excavación por etapas.
- Para la formación de la plataforma es necesario seguir el siguiente procedimiento constructivo se deberá evitar abrir cajas, ya que se destruye la estructura de la capa superficial del suelo, así mismo no se removerá la maleza y capa vegetal, a menos de que sea demasiado grande, solo aquellas que constituyan un arbusto o que sean pastos muy grandes. El objeto de conservarlos es que esa vegetación actúa como un geotextil natural como refuerzo del subsuelo. Posteriormente colocar la estructuración de la plataforma y sobre este construir la cimentación de las estructuras de acuerdo a los niveles de proyecto.
- Si durante la etapa de construcción se encuentra una estratificación del subsuelo, diferente a la presentada en los sondeos mixtos y pozos a cielo abierto, es recomendable informar al responsable de obra, para que tome las precauciones correspondientes.

### II.1.3 Ubicación física del proyecto y planos de localización

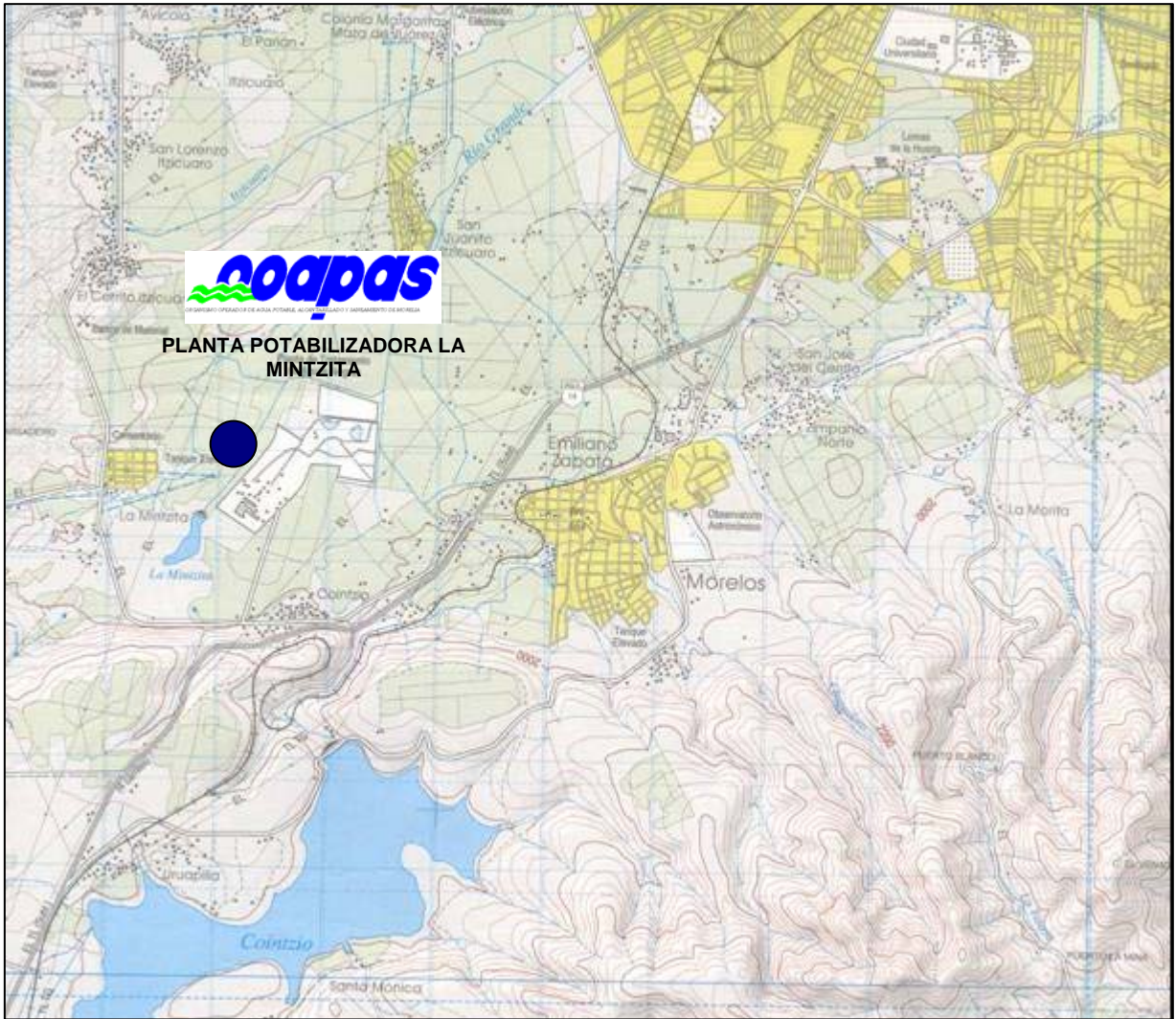
El Municipio de Morelia colinda con 14 municipios, al norte con Tarímbaro, Copándaro de Galeana, Chucándiro y Huaniqueo; al sur con Acuitzio del Canje, Madero y Tzitzio; al oriente con Charo y al poniente con Coeneo, Quiroga, Tzintzuntzan, Lagunillas, Huiramba y Pátzcuaro.

La presa de la Mintzita se localiza al suroeste de la ciudad de Morelia a los 19° 38' 21" latitud norte y 101° 16' 12" de longitud oeste, a una altitud de 1,940 metros sobre el nivel del mar.

El terreno en estudio, se encuentra en las inmediaciones de la ciudad de Morelia a 5 kilómetros aproximadamente, se localiza cerca del poblado de la Mintzita en el municipio de Morelia y esta limitado por terrenos de propiedad particular y en la parte sur se encuentra cercano al predio un arroyo procedente de los manantiales de La Mintzita.

El terreno donde se pretende ubicar la planta potabilizadora se localiza en las coordenadas geográficas 19° 39' 05" Latitud Norte y 101° 16' 15" Longitud Oeste a una altitud sobre el nivel del mar de 1,940 metros sobre el nivel del mar. En la figura II.2, se presenta un croquis de localización del sitio de estudio.

### FIGURA II.2 CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



**TABLA II 2 CUADRO DE CONSTRUCCIÓN, POLIGONO DEL TERRENO**

RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
			Y	X
		V1	2,175,200,0000	262,290,0000
S 62°11'21" E	94.30	V2	2,175,156,0000	262,373,4048
S 89°34'44" E	36.75	V3	2,175,155,0053	262,410,1494
N 39°38'12" E	251.50	V4	2,175,349,4169	262,570,5864
N 70°18'54" W	124.14	V5	2,175,391,2338	262,453,7000
N 69°54'31" W	77.72	V6	2,175,417,9311	262,380,7127
S 22°35'57" W	236.06	V1	2,175,200,0000	262,290,0000

### II.1.4 Inversión Requerida

El total de la inversión requerida asciende a \$ 112,909,005.90 (Ciento Doce Millones Novecientos Noventa y Nueve Mil Cinco Pesos 90/100 M.N)

Los costos por operación y productos anualmente considerando la nomina de 25 personas en la parte operativa y los productos químicos asciende a \$ 3,393,932.48 (Tres Millones Trescientos Noventa y Tres Mil Novecientos Treinta y Dos Pesos 48/100 M.N.

La inversión requerida para la ejecución de las medidas de mitigación propuestas asciende a \$ 584,750 (Quinientos Ochenta y Cuatro Mil Setecientos Cincuenta Pesos 00/100 M.N.), equivalente al 0.4 % del total de la inversión que se pretende realizar. El desglose de éstas se reportan en la tabla siguiente.

**TABLA II.3 INVERSIÓN REQUERIDA PARA LA EJECUCIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN**

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	IMPORTE UNITARIO (\$)	IMPORTE TOTAL (\$)
Supervisión de medidas de control y mitigación de impacto ambiental	15	mes	10,000.00	150,000
Plantación de árboles nativos	95	árbol	50	4,750
Sanitarios portátiles austeros, incluye renta y limpieza una vez por semana del reservorio	48	sanitario	1,500.00	72,000
Adquisición de botellones de 19 litros de agua de marca conocida para consumo humano	1,000	botellón	19.00	19,000
Señalización, dispositivos para protección y seguridad	3	lote	5,000.00	15,000

Plataforma para mantenimiento de equipo y maquinaria de construcción, de arcilla compactada, de 10 cm de espesor, compactado al 90% próctor	1	plataforma	2,000.00	2,000
Regadera de emergencia con fuente para lavado de ojos	1	regadera	18,000.00	18,000
Equipo de Aire Autónomo de Presión Positiva (SCBA)	2	equipo	45,000.00	90,000
Dispositivo para indicar la dirección del viento (veletas, conos de viento)	1	dispositivo	10,000.00	10,000
Detector de fugas de cloro para dos puntos de detección	1	equipo	40,000.00	40,000
Equipo de seguridad (KIT B)	1	equipo	45,000.00	45,000
Pararrayos y aterrizaje de equipo y estructuras a tierra	1	lote	80,000	80,000
Recolección de residuos sólidos de tipo municipal y disposición al basurero municipal	70	viaje	200.00	14,000
Recolección por compañía autorizada por SEMARNAT, de lubricantes y aceites usados, estopas y respectivos envases	3	viaje	5,000.00	15,000
<b>TOTAL</b>				<b>584,750</b>

### II.1.5 Dimensiones del proyecto

La superficie total requerida para el proyecto, asciende a 39,746.268 m<sup>2</sup>, la superficie a ocupar de las obras permanentes es de aproximadamente 20,000 m<sup>2</sup>, a continuación se mencionan las instalaciones:

- Obra de toma o captación
- Caja de llegada
- Floculador
- Sedimentador
- Filtros
- Tralf
- Espesador
- Filtro banda
- Tanque de recuperación de agua de lavado de filtros
- Edificio central
- Edificio de dosificación
- Caseta de cloración
- Caseta de vigilancia



- Caseta de sulfato de aluminio
- Caseta de polímeros
- Caseta de sopladores
- Caseta y galería de operación de filtros
- Caseta de la subestación y del CCM
- Carcamo de agua recuperadora de Lodos

### **II.1.6 Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias.**

El uso del suelo del terreno en donde se ubica la Planta Potabilizadora estaba dedicado a actividades agrícolas, sin embargo debido a que la zona se inunda la producción es baja.

En cuanto a cuerpos de agua se refiere, el manantial de la Mintzita es una de las fuentes de abastecimiento de agua potable más importante para la ciudad de Morelia. Sobre el agua que produce este manantial se tiene una asignación bajo consigna por 50 años al OOAPAS por 1,100 l/s. Adicionalmente, existe una concesión para uso industrial (CRISOBA INDUSTRIAL) por 400 l/s.

### **II.1.7 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos**

La infraestructura de bienes y servicios requerida para el desarrollo del proyecto en sus diferentes etapas es la siguiente:

- **Vías de acceso**

Se procederá a mejorar el acceso, así como la construcción del entronque de la carretera con dicho acceso, el proyecto debe considerar el tipo y peso de los vehículos que por el transiten.

- **Agua potable**

El abastecimiento de agua para la construcción del proyecto será por medio del propio manantial y almacenada temporalmente en tambos metálicos y tanques.

En la operación de la Planta Potabilizadora el abastecimiento de agua potable será suministrado a través del OOAPAS.

- **Energía Eléctrica**

Durante la etapa de construcción se podrán emplear plantas portátiles generadoras de corriente eléctrica.

Durante la operación de la Planta Potabilizadora la Comisión Federal de Electricidad será la encargada de proporcionar el servicio para lo cual se requiere ampliar la red de dotación hasta el lugar, para lo cual será necesaria una subestación eléctrica que cuente con una carga instalada de por lo menos de 626 HP y 467 KVA para satisfacer la carga demandada de 626 HP y 467 KW.

El consumo de energía eléctrica en la operación asciende a 3,939,251 Kwh/año, repartida de la siguiente manera:

Bombeo de influente	3,579,890 Kwh/año
Sopladores de retrolavado de filtro	7,999 Kwh/año
Bombeo de agua sobrenadante de lavado	140,391 Kwh/año
Bombeo de lodos de lavado	18,689 Kwh/año
Bombeo de agua recuperada de lodos	7,098 Kwh/año
Sistema de dosificación de productos químicos	32,662 Kwh/año
Sistema de deshidratado de lodos	58,791 Kwh/año
Sistema de alumbrado	93,732 Kwh/año

## II.2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO

### II.2.1 Descripción del proceso de tratamiento que recibirá el agua

#### II.2.1.1 Generalidades

Para determinar el tipo de proceso que mejor se aplique al problema en cuestión, se analizó principalmente la calidad del agua captada.

Para la realización de la energía básica se analizó la información existente de calidad de agua que ha producido el OOAPAS, la operación del sistema de captación y las experiencias que se han tenido en la potabilizadora de Santa María por el OOAPAS.

Con la finalidad de fundamentar mejor la decisión tomada se tomaron nuevas muestras de agua en diferentes puntos de acuerdo al esquema de aprovechamiento pretendido. Tomando en cuenta que la turbiedad promedio del agua alcanza 7 UTN y la norma oficial marca un límite máximo de 5 UTN, pareciera que filtración directa es la solución más adecuada, inclusive las turbiedades máximas que se presentan de 166 UTN, podrían manejarse por periodos no muy prolongados con filtración directa.

Sin embargo los valores de altos de color, del orden de 50 Unidades de la escala Pt-Co hacen pensar en un proceso completo de potabilización convencional mediante: dosificación de productos químicos, mezcla, floculación, sedimentación, filtración y desinfección final.

Al analizar la información se decidió hacer pruebas adicionales de tratabilidad para poder fundamentar mejor esta conclusión.

Dentro de los monitoreos que se hicieron se concluyó que con el nuevo sitio de captación la calidad del agua mejorará, pero al no tener datos de calidad en ese sitio a lo largo del año se llegó a la conclusión de proyectar un proceso completo con opción de entrar a filtración directa, por lo que se deberán tener en las instalaciones la potabilizadora la manera de hacer en forma rutinaria esta operación.

Inclusive se deberá prever en el diseño que no se construya la floculación y sedimentación, dejándose para una etapa futura esa actividad.

Se presenta a continuación la descripción de los diferentes procesos y/o etapas y equipamiento que conforman la Planta Potabilizadora.

### Gasto de diseño

Los Gastos de diseño de agua considerados para la Planta Potabilizadora, se listan a continuación.

Caudal máximo diario	0.750	(m <sup>3</sup> /s)
Caudal medio diario	0.750	(m <sup>3</sup> /s)
Caudal mínimo diario	0.400	(m <sup>3</sup> /s)

Para el diseño de los elementos de la planta se consideraron los siguientes parámetros:

### Caja de mezcla

Caudal de diseño	1.5	m <sup>3</sup>
Tiempo de retención total	1 ó 2	segundos
Gradiente 1 <sup>a</sup> Cámara	1,000 a 2,000	seg <sup>-1</sup>

### Floculador

Caudal de diseño	1.5	m <sup>3</sup> /s
Número de floculadores	2	
Caudal por floculador	0.75	m <sup>3</sup> /s
Tiempo de retención total	23.2	minutos
Número de cámaras	4	
Tiempo de retención por cámara	5.8	minutos
Gradiente 1 <sup>a</sup> Cámara	60	seg <sup>-1</sup>
Gradiente 2 <sup>a</sup> Cámara	45	seg <sup>-1</sup>
Gradiente 3 <sup>a</sup> Cámara	30	seg <sup>-1</sup>
Gradiente 4 <sup>a</sup> Cámara	30	seg <sup>-1</sup>

### Sedimentador

Caudal de diseño	1.5	m <sup>3</sup> /s
Número de Sedimentadotes	4	

Caudal por sedimentador	0.375	m <sup>3</sup> /s
Número de zonas	2	
1ª Zona	(zona de calma)	
Tiempo de retención de 1ª zona	15.68	minutos
2ª Zona	Sedimentación Acelerada	
Tipo de mejoramiento	Módulos tubulares de Plástico	
Carga superficial de 2ª zona	1.81	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d

### Filtros

Caudal de diseño	1.5	m <sup>3</sup> /s
Número de filtros	6	
Caudal por filtro	0.25	m <sup>3</sup> /s
Tipo de filtro	Tasa declinante	
Tipo de lavado	Mutuo por gravedad	
Método de lavado	Agua y aire	
Tipo de fondo	Leopold	
Material filtrante	Arena y antracita	
Velocidad de filtración	300	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d
Velocidad de agua de lavado	1,175	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d
Velocidad de aire de lavado	1.22	m/minuto

### Modulación de las etapas de tratamiento de agua y lodos.

La ingeniería básica de la planta potabilizadora se ha basado en las especificaciones normativas vigentes. En el diseño se consideraron las previsiones necesarias para manejar el caso más desfavorable durante la operación, es decir, tener la llegada del flujo máximo a tratar y algún equipo y/o modulo de tratamiento parcialmente fuera de operación por fallas imprevistas y/o mantenimiento preventivo.

### Descripción general del proceso:

Aun cuando el agua es de manantial, debido a la situación de desarrollo urbano de la zona y a las dificultades por preservar la calidad del agua, requiere ser sometida a un proceso de potabilización consistente en dosificación de productos químicos, mezcla, floculación, sedimentación filtración y desinfección.

- **Captación**

Se tendrá un solo sitio de captación cerca del último afloramiento, en el que se captaría mediante un canal con rejillas que permitiera evitar la entrada de lirio u otros objetos de regular tamaño, que pudieran afectar las bombas que se tienen al final de la captación.

- **Cribas de Filtración**

Estas cribas de cartucho de encuentran en la descarga de la Planta de bombeo Existente y al potabilizar el agua en forma estos filtros ya no tendrían ningún objetivo que cumplir en ese sitio, por lo que se colocarán antes de la caja de entrada a la potabilizadora.

- **Caja de Mezcla**

Esta caja tendrá por objeto recibir el agua de la planta de bombeo y los productos químicos que se dosificarían en la entrada de la potabilizadora.

De acuerdo a las pruebas de tratabilidad es necesario dosificar sulfato de aluminio y polímero en la entrada del agua.

Con la finalidad de proteger los tanques de proceso del crecimiento de algas en sus paredes, se adiciona cloro también en ese punto.

La mezcla se hace en una caja vertedora a la que llega el agua mediante una tubería de 1.22 de diámetro, se tiene un vertedor de 2m de longitud. El gradiente que se presenta en el vertedor es de  $2,000^{-1}$

En esta estructura se tiene una línea de demasías para cuando se cierre la entrada.

- **Floculadores**

En estos tanques se trata de formar flóculos cada vez de mayor tamaño mediante la agitación lenta del agua, es decir en un principio se tiene una mayor agitación, la cual se va disminuyendo para ir formando flóculos cada vez de mayor tamaño.

Esta sería una operación que se realizaría en forma hidráulica, es decir se produciría la agitación por flujo en zigzag dentro de tanques de concreto equipados con mamparas de plástico para producir ese efecto.

Se propone tener un modulo para tratar los  $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ . El modulo se tendría con 2 floculadores, cada uno para  $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Se tendrán 4 cámaras de floculación, cada una con un tiempo de retención 5 min (300 seg) los gradientes que se pretenden serán descendientes en secuencia de: 60, 45, 30 y  $30 \text{ s}^{-1}$ .

Cada cámara tendrá unas dimensiones de 4m de profundidad, 3.75m de ancho y 14.8m de largo.

Para producir los gabinetes se utilizará la energía del agua, por el tipo será hidráulico, de flujo horizontal, es decir tendrán mamparas que harán que el agua escurra en zigzag.

Se proponen mamparas de plástico montadas con perfiles estructurales, que permitirán en un momento dado cambiar la separación para variar los gradientes.

- **Sedimentadores**

Los sedimentadores son estructuras en que se da una cierta calma al agua para que los sólidos que se formaron en el floculador se decanten por su peso mayor que el del agua. Con la finalidad de mejorar la sedimentación se utilizan módulos de plástico para que en la parte alta se tenga un flujo guiado de forma laminar y de esa manera aumentar la eficiencia de sedimentación.

Los lodos que se producen al sedimentarse los sólidos en el fondo se deberán retirar para ser procesados al deshidratarlos y disminuir su volumen. Esta es una operación para la que se deberá seleccionar el equipo en forma adecuada, ya que es muy delicada esta actividad.

La sedimentación será del tipo acelerada, mediante módulos tubulares, la tasa superficial equivalente con la que se diseñó fue de 147 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d, lo cual queda dentro de las recomendaciones de la literatura especializada, por ejemplo Kawamura específica de 120-211 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d y además es lo que recomiendan los fabricantes de los módulos.

El módulo de 1.5 m<sup>3</sup>/s tendrá 4 sedimentadores para 0.375 m<sup>3</sup>/s cada uno, con un ancho de 7.2 m y una longitud de 40.35 m, se tendrá un tramo inicial de 10 m de longitud en el que no se tendrán ni placas para acelerar la sedimentación, ni canaletas de efluente, para tener una primera zona de sedimentación horizontal, posteriormente se tienen 30.35 m con placas y canaletas.

El paso de la zona sin módulos a la zona de módulos es por la parte baja del tanque, para pasar de una zona a otra se tiene una mampara que baja 1.05 m del nivel más bajo de los módulos tubulares, lo anterior es con el objeto de que los lodos tiendan a irse por la parte baja del tanque y se extraigan más fácilmente.

Por cada sección de 7.2 m de ancho se tendrá un Clari-Trac formado por 2 tuberías transversales perforadas que recorrerán cada una la mitad de la longitud del tanque, cada una se conectará a una tubería flexible y ambas tuberías flexibles se conectarán a una tubería fija que estará sostenida por el muro en la parte izquierda del tanque.

- **Filtros**

Los filtros son la operación fundamental en una potabilizadora, por lo que se deberán diseñar en forma detallada, utilizando la tecnología más moderna pero tomando en cuenta la experiencia nacional a este respecto, bajo las recomendaciones de la Comisión Nacional del Agua.

En general se recomienda utilizar filtros de medio dual de arena y antracita. El lavado se recomienda de tipo mutuo, cuya fuente de agua para lavar un filtro es por gravedad, utilizando el agua que producen los otros filtros que no se están lavando. .

Lo anterior se logra mediante el adecuado manejo de los niveles hidráulicos, pero en este caso se tienen filtros de mayores alturas que los que se tienen cuando se lavan con bombas auxiliares.

Otra modalidad operativa que se utiliza es la utilización de filtros de tasa declinante, que consiste en que el agua se deja entrar a todos los filtros en forma libre, sin control de caudal, lo cual se logra teniendo poca pérdida de carga en la entrada y haciendo esta descarga a un nivel inferior al mínimo de funcionamiento de los filtros.

Con esta forma de funcionamiento los filtros tienen aproximadamente el mismo nivel independientemente de su ensuciamiento, por lo que la secuencia de la lavado de los diferentes filtros se tendrá que hacer por orden, es decir en el momento que se requiera se lavará el filtro que tenga más tiempo sin lavarse y así sucesivamente en intervalos definidos por el incremento de nivel en todos ellos.

El agua de todos los sedimentadores se junta en un canal que se encuentra al final de los sedimentadores y consiste de un canal transversal al módulo que escurre de las orillas hacia el centro con sentidos encontrados para coincidir al centro donde se tendrá una zona de mezclado para dosificar polielectrolito.

Para hacer la filtración se proponen filtros de tasa declinante y de medio dual formado por 50 m de espesor de antracita y 25 cm de espesor de arena.

El módulo de 1.5 m<sup>3</sup>/s tendrá 6 filtros para un caudal promedio de 0.250 m<sup>3</sup>/s cada uno.

Cada filtro está formado por una cámara con dos secciones y un canal central de retrolavado. Los filtros son de tasa declinante y el fondo utilizado es de tipo Leopold para retrolavado con agua y aire.

El agua de retrolavado se hace por gravedad con el agua que filtran los otros 5 filtros que siguen trabajando, el agua entra por el mismo ducto por el que sale el agua filtrada cuando están en esa fase de operación, a ese mismo ducto entra el aire para el retrolavado, para posteriormente entrar al filtro a través del bajo fondo Leopold para repartirse a lo largo y ancho del filtro.

- **Desinfección Final**

La desinfección se realizará con cloro gas, debido al menor costo que representa con relación a otros desinfectantes.

Para lo anterior se deberá disminuir los riesgos mediante previsiones de seguridad en las instalaciones, de acuerdo a las normas existentes al respecto.

- **Recuperación de Agua de Lavado de Filtros**

En una planta de este tipo el agua que se utiliza para retrolavar los filtros representa una cantidad considerable, del orden del 6% del caudal nominal, en general es agua con una pequeña cantidad de sólidos.

Para recuperar la mayor parte de esa agua se tendrá un tanque de sedimentación simple con tolvas a todo lo largo y ancho de operación intermitente; es decir se llenará, se dejará reposar el agua un cierto tiempo, se bombeará el sobrenadante y los lodos que quedan en el fondo de las tolvas se bombearán a un sistema de espesado.

El diseño de las instalaciones de recuperación de agua de lavado de filtros se basará en la secuencia de lavado que se proponga para el lavado de los filtros y su frecuencia.

#### a) Secuencia de Lavado de Filtros

Nos referiremos a los filtros del Módulo que se propone construir, que consta de 6 filtros con un área de 72 m<sup>2</sup>, de tasa declinante, lavados con agua y aire, el agua de lavado se envía desde el tanque de aguas claras de este módulo y el aire desde un soplador localizado en la galería de operación de los filtros.

La velocidad de filtración media es 300 m/d, la velocidad de retrolavado 1,175 m/d y la velocidad de aire de lavado 73.2 m/h.

Los filtros de tasa declinante de un mismo módulo funcionan aproximadamente con los mismos niveles del agua dentro del tanque a un tiempo dado, lo anterior se logra teniendo poca limitante de gasto en el elemento de entrada, es decir con poca pérdida, por lo que la limitante al caudal que pasa por un filtro es la pérdida que se tiene en el medio filtrante al irse tapando.

Al tener aproximadamente los mismos niveles del agua, quiere decir que el más limpio estará filtrando el mayor caudal y el que esté más sucio el menor caudal, los intermedios conforme a su ensuciamiento filtrarán un caudal entre el máximo y el mínimo. El lavado de cada filtro se hace lavando el que haga más tiempo que no se haya lavado y así siguiendo una secuencia de orden establecido para todos los filtros.

Al lavar un filtro quiere decir que ese filtro era el más sucio y por lo tanto el que estaba filtrando menos, al lavarlo se incrementa el caudal de filtrado y baja en todos los demás esto hace que baje el nivel del agua en todos los filtros, en ese momento se tiene el nivel más bajo del agua, conforme pasa el tiempo el nivel se incrementa poco a poco dado que todos los filtros se van ensuciando, hasta alcanzar nuevamente el nivel máximo, en ese momento es necesario lavar nuevamente un filtro y se toma el que siga en el orden establecido.

Cada filtro cuenta con 6 válvulas que seccionan las entradas y salidas de agua o aire que se requieren para operar el filtro:

- a) Se tiene una compuerta de entrada de agua a la que se le denomina EAG.
- b) La salida del agua filtrada es por la válvula SAF.
- c) Se tiene una válvula de salida de agua de retrolavado denominada SAL.
- d) Se tienen dos compuertas de desagüe del filtro abajo del nivel de canaleta de agua de lavado que también se opera durante la secuencia para hacer el retrolavado denominadas DES1 y DES2.
- e) La entrada del aire para ayudar en la operación de agitación del medio filtrante y ahorrar agua para el retrolavado se denomina EAI.



- f) La entrada del agua de lavado se hace con la misma válvula de salida de agua filtrada SAF.
- g) La purga del aire que queda atrapado en el filtro se hace con la válvula Palo

La secuencia de lavado propuesta es la siguiente:

1. En la etapa de funcionamiento normal, es decir cuando el agua se está filtrando en todos los filtros se tienen abiertos la compuerta EAG y la válvula SAF y cerradas todas las demás.
2. Cuando el nivel de todos los filtros alcanza el máximo, se selecciona el filtro que le toca lavarse de acuerdo al orden de limpieza de filtros que se lleve, el filtro seleccionado debe ser el que lleve más tiempo sin lavarse.
3. En ese filtro se cierra la compuerta EAG.
4. En ese filtro se cierra la válvula SAF.
5. Se abre la válvula SAL.
6. Se abren las compuertas DES1 y DES2.
7. Se espera hasta que el agua alcanza el nivel 50 cm arriba de la superficie superior de la antracita.
8. Se cierran las compuertas DES1 y DES2.
9. Para iniciar el lavado con aire únicamente, se arranca un soplador de lavado de filtros y se abre su válvula respectiva.
10. Se abre la válvula de filtro EAI.
11. Se espera un tiempo de 5 minutos.
12. Para iniciar el lavado con agua y aire se abre a la mitad la válvula de entrada de agua de lavado SAF para que el flujo sea en sentido contrario al de filtración.
13. Con agua y aire se espera un tiempo de 2 minutos aproximadamente, sin que llegue el agua a la canaleta de lavado, para no perder antracita, ya que con agua aire la expansión es muy fuerte.
14. Se cierra la válvula EAI.
15. Se apaga el soplador que se arrancó y se cierra su válvula.
16. Se abre la válvula PAI durante 1 minuto o hasta que deje de salir aire.
17. Se abre completamente la válvula SAF para que entre toda el agua de lavado.

18. Se cierra la válvula PAlo
19. Se espera un tiempo de 8 minutos o hasta que el agua de retrolavado se vea limpia como el agua filtrada, esto quiere decir que ya se arrastró la suciedad que se retuvo en los filtros.
20. Se cierra la válvula EAL y se apaga la bomba de lavado.
21. Se abre la compuerta EAG y se verifica hasta que se establezca el nivel semejante a los otros filtros.
22. Se verifica que en ese filtro se tengan abiertas únicamente la compuerta

EAG y la válvula SAF y se tengan todas las otras cerradas.

#### b) Carrera de Filtración

La carrera de los filtros esperada en La Mintzita, la mayor parte del tiempo estará entre 24 y 36 horas, las instalaciones de recuperación de agua deben hacerse para carreras más cortas, en este caso se considerará una carrera de 12 horas, esto representa que para los 6 filtros que forman el Módulo se tendrían 2 lavados por día de cada filtro, es decir en un día se tendrían 12 lavados de filtro, uno cada 2 horas.

Si tomamos en cuenta que por la secuencia de lavado se tendría la descarga del agua de lavado de un filtro durante 8 minutos cada 2 horas para esa carrera.

La velocidad de lavado de 1,175 mld (0.0136 mis) multiplicada por lo 72 m<sup>2</sup> de cada filtro corresponde a un caudal de 0.979 m<sup>3</sup>/s, el tiempo que se puede mantener en un lavado es de 8 minutos, que corresponde a un volumen de 470 m<sup>3</sup>.

Adicional a este volumen se tiene el inicial de vaciado del filtro que corresponde a una profundidad de 2.70 m y un área de 85.68 m<sup>2</sup>, resultando un volumen de 231 m<sup>3</sup>, con lo que se obtiene un volumen total de 701 m<sup>3</sup>.

Este volumen se descargaría cada 2 horas, por ejemplo si a las 0:00 horas se inicia la descarga de agua de lavado de un filtro, de las 0:00 a las 0:12 horas se tendrá un caudal de 979 lis, después de las 0:12 a las 2:00 no se tendrá caudal, de las 2:00 horas a las 2:12 se volverá a tener un caudal de 979 lis; y así sucesivamente.

#### c) Diseño del Tanque de Recuperación de Agua de Lavado de Filtros

La forma de funcionamiento del Tanque de Recuperación de Agua de Lavado de Filtros (TRALF) será en lotes secuenciales de la siguiente forma: recibir el volumen de agua de un lavado, dejar el agua en reposo durante un cierto tiempo para que sedimente, bombear el sobrenadante de este tanque hacia la entrada a floculadores para incorporarla al proceso, bombear los lodos que queden hacia el espesador que recibe también los lodos de los sedimentadores y volver a iniciar esta secuencia con el siguiente lavado de filtros. La secuencia de la operación de un tanque consiste en 12 minutos de llenado, 107 minutos de

reposito, 111 minutos de bombeo de agua sobrenadante y 10 minutos de bombeo de lodos. Se proponen dos tanques para dar mayor tiempo de reposo

Las bombas de recirculación de agua deberán ser para un caudal de 100.3 l/s que durante los 111 minutos bombearían los 668 m<sup>3</sup> que corresponden al volumen sobrenadante en los tanques. Se tendrían 2 bombas de ese caudal para cuando se tengan carreras menores a 12 horas se puedan operar las 2 para poder vaciar el sobrenadante en 56 minutos, se tendría además una adicional de reserva, es decir se recomienda tener 3 bombas de 100.3 l/s.

Para los lodos se tendría algo semejante, las bombas serían para un caudal de 56 l/s, teniendo dos, una en operación y una de reserva.

#### d) Arreglo General del Sistema de Manejo de Agua Recuperada y Lodos

El arreglo de las instalaciones de manejo de agua recuperada y lodos se compone de los siguientes elementos principales: tanques de recuperación de agua de lavado de filtros, espesador de lodos y edificio de filtros banda.

#### e) Instalaciones de Agua Recuperada de Lavado de Filtros

Se cuenta con instalaciones de recuperación de agua, se cuenta con dos tanques para poder hacer frente a lavados de manera más frecuente.

- **Deshidratado de Lodos**

Los lodos que se producen en la potabilizadora corresponden los de los sedimentadores y los lodos de los tanques de recirculación de agua de lavado de filtros.

Para el deshidratado de los lodos se propone mandarlos primero a un espesador de gravedad, previa dosificación de polímero para ayudar a la separación de sólidos y agua, posteriormente se mandarían a un filtro banda y la disposición final se deberá hacer en un terreno que acepte este tipo de sólidos o a un relleno sanitario, en el que se pueden utilizar como material de cubierta ya que presenta condiciones muy adecuadas para ello.

Los lodos provienen de los sólidos suspendidos totales que lleva el agua cruda a la entrada del proceso de potabilización y de los compuestos que se le adicionan durante su tratamiento.

Los compuestos que más aportan al volumen de lodos producidos corresponde a la dosificación de sustancias coagulantes que combinadas con los sólidos suspendidos totales, forman el lodo total. Para la cantidad de lodos en base seca de 3,523.50 Kg/d se obtiene un volumen de 703.69 m<sup>3</sup>/d.

- **Espesamiento de los Lodos**

Los lodos del tanque de recuperación de agua de lavado se mezclarán con los que salgan de sedimentadores del proceso principal, a la entrada se les dosificará polímero para mejorar la separación de los sólidos.

Los lodos a la entrada a espesadores tienen una concentración de 0.5% de sólidos, la cantidad de lodos en base seca es de 3,523.50 Kg/d, representan un volumen de 703.69 m<sup>3</sup>/d.

Para dimensionar el espesador de lodos se utilizó una carga hidráulica de 8.16 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d y una carga de sólidos de 37.5 Kg/m<sup>2</sup>/d, por lo que aplicando estos parámetros y tomando lo más desfavorable se llegó a un diámetro necesario de 11 m.

En el espesador se logra una captura de 85%, por lo que los lodos espesados tienen un peso de sólidos de 2,994.98 Kg/d Y una concentración de 4.0% de sólidos, por lo que el volumen resultante es de 74.02 m<sup>3</sup>/d.

El agua que se recupera en el espesador es de 629.67 m<sup>3</sup>/d, tiene una cantidad de sólidos de 528.53 Kg/d, lo que representa una concentración de 839.3 mg/l, es decir esta agua tiene que entrar a un sistema de floculación y sedimentación para incorporarse al proceso.

- **Filtro Banda para la Deshidratación de los Lodos**

Con la finalidad de que la disposición de los sólidos separados del agua en el proceso de potabilización, se deshidratarán en un equipo de filtro banda, para por un lado recuperar agua y por otro hacer una torta de lodos de menor volumen y más fácil disposición.

En la entrada al sistema de deshidratación se tiene el lodo de salida del espesador es decir un peso de sólidos de 2,994.98 Kg/d Y una concentración de 4.0% de sólidos, por lo que el volumen resultante es de 74.02 m<sup>3</sup>/d.

En la salida se pretende una concentración de sólidos de 22% con un porcentaje de captura de 90%, por lo que a la descarga del filtro banda se tendrán 2,695.5 Kg/d de sólidos con un volumen húmedo diario de 11.48 m<sup>3</sup>.

El agua retirada en este proceso es de 62.54 m<sup>3</sup>/d con un contenido de sólidos de 299.50 Kg/d, con una concentración de 4,789.15 mg/l, este caudal se puede recircular o desecharse, pero se recomienda meter junto con el agua retirada en el espesamiento al inicio del proceso a los floculadores.

El diseño de las instalaciones se realizó con una carga de sólidos de 115 kg/h/m de ancho de banda, se consideró que el equipo trabaja 16 horas diarias durante 6 días a la semana, llegándose a que se necesita 1 filtro banda de 2 m de ancho.

## **II.2.2 Programa general de trabajo**

En la actualidad se encuentra en licitación el proyecto por lo cual el programa definitivo no se tiene hasta que OOAPAS determine el ganador de dicha licitación y pase el tiempo en que pueda haber inconformidades por parte de los licitantes no ganadores.

Sin embargo se pretende que el periodo de ejecución del proyecto comience a la brevedad en el mes de Noviembre de 2006 al 31 de Diciembre de 2007, durante este tiempo se tiene estimadas las siguientes actividades.

El tiempo estimado que se tiene para la preparación del sitio donde se encontrará las instalaciones es de un mes y medio. El periodo de construcción de la obra se contempla desde el mes de noviembre de 2006 hasta el 7 de agosto de 2007, una vez terminado este periodo se realizarán pruebas de funcionamiento, las cuales iniciarán el 8 de agosto de 2007 y terminarán el 7 de noviembre de 2007.

Por ultimo se tiene planeada una prueba de capacidad que iniciará el 8 de noviembre y terminará el 31 de diciembre de 2007, después de esta fecha es el inicio de operaciones.

### **II.2.3 Preparación del sitio**

En el sitio de estudio, superficialmente se encuentran suelos, compuestos por limos orgánicos de alta compresibilidad color negro, con materia orgánica y de consistencia natural “muy blanda” y bajo estos, subyacen fragmentos de roca basáltica. El primer estrato prácticamente no tiene resistencia, así como la presencia del nivel freático a poca profundidad.

Se realizarán las excavaciones, compactaciones, rellenos para mejoramiento del suelo y nivelaciones necesarias para lograr los niveles de proyecto estipulados. Se deberán respetar los ángulos de reposo de los materiales involucrados.

No se removerá la maleza y capa vegetal, a menos de que sea demasiado grande, solo aquellas que constituyan arbustos o pastos muy grandes. El objeto de conservarlos es que esa vegetación actúe como un geotextil natural que sirva como refuerzo del subsuelo.

La preparación del sitio deberá realizarse de manera que se altere lo menos posible la estructura natural del suelo y por la presencia del nivel freático se recomienda bombear constantemente para trabajar en seco, realizando los pozos de bombeo perimetrales necesarios para abatir el nivel freático.

Antes de que se presente el nivel de aguas freáticas (0.50 m) es conveniente construir un sistema de pozos de bombeo ó cárcamos, para extraer el agua, en forma distribuida estabilizando el fondo de la excavación y así reducir ó abatir el nivel de aguas freáticas, para trabajar en seco en la construcción de las cimentaciones de las estructuras.

Sí se reblandece el terreno de desplante de la cimentación, será necesario colocar un espesor de capa de filtro (hasta el nivel de la roca), el necesario para lograr la estabilización del suelo y colocar posteriormente la plantilla de concreto en donde se desplantará la cimentación.

Al realizar excavaciones se presentan expansiones del fondo de la misma y desplazamientos laterales de las paredes de la excavación, por lo que se recomienda realizar la excavación por etapas.

### **II.2.4 Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto**

Será necesaria la edificación de obras menores que se ocuparán temporalmente durante la construcción de la obra, las cuales no requieren de un proyecto en sí aunque se deberá tener especial cuidado de que cumplan con las condiciones necesarias, de seguridad e

higiene para evitar acciones adversas. Dentro de este tipo de obras se consideran: bodegas para resguardo de material y herramientas, y servicios sanitarios.

El material empleado en la construcción de las obras provisionales, generalmente consiste en madera y lámina de cartón, asbesto o metálica, por lo que una vez que se concluya la obra, se desmantelarán y los materiales reutilizables podrán ser guardados por el constructor para ser usados posteriormente. Por ningún motivo se deberán dejar residuos, de ningún tipo, en el sitio de la obra ni en sus alrededores. Los residuos de construcción previamente seleccionados se llevarán a sitios de acopio de material y el rechazo deberá disponerse en el basurero municipal de Morelia.

- **Camino de acceso**

Se procederá a mejorar el acceso, así como la construcción del entronque de la carretera con dicho acceso, el proyecto debe considerar el tipo y peso de los vehículos que por el transiten (5 ton).

- **Almacenes, bodegas y talleres.**

Por la naturaleza de la obra se deberán construir los almacenes, bodegas y talleres que se requieran para el almacenamiento, la fabricación y la modificación de los elementos que integran la obra, tales como cemento, agregados, tepetate, tubería, acero, etc.

Para evitar la contaminación del medio ambiente por el vertido de residuos sólidos, será preciso colocar contenedores para almacenar los residuos generados, haciendo una recolección selectiva que permita reciclar todo material apto para tal fin como cartones, papel, vidrio, envases plásticos, etc. También será necesario, por parte de la empresa, establecer un programa eficiente de recolección y transporte de los residuos sólidos que permita realizar su disposición final en el sitio designado para ello por la autoridad competente.

El almacenamiento temporal de los residuos sólidos no excederá de cinco días, ya que al sobrepasarse este lapso empieza a aparecer fauna nociva y se inicia la generación de malos olores, por lo que los contenedores deberán tener la capacidad suficiente para almacenar los residuos generados en dicho periodo. Por ningún motivo se permitirá que los contenedores pierdan su carácter de almacenamiento temporal para convertirse en definitivos.

Por lo que se refiere a los desechos orgánicos, éstos pueden ser incorporados al ambiente por medio de composta, lo cual reducirá el costo de traslado hasta el basurero municipal.

De acuerdo a la NOM-052-SEMARNAT-1994, los residuos considerados como peligrosos serán manejados de manera ambientalmente apropiada y por medio de una compañía recolectora de residuos peligrosos reconocida por SEMARNAT.

En caso de talleres o zonas de mantenimiento de equipo, estas áreas deberán ser impermeables, ya sea con sellos de arcilla o por medio de geomembranas, con la finalidad de evitar la contaminación del suelo por derrame de combustibles y lubricantes.

De acuerdo al número de equipos considerado, el abastecimiento diario de combustible podrá realizarse por medio de pipas, las cuales serán cargadas en estaciones de servicio cercanas y procederán a abastecer al equipo de construcción a primera hora todos los días, no se contempla, ni se deberá llevar a cabo, el almacenamiento de combustibles ni lubricantes en el sitio.

- **Campamentos, dormitorios y comedores.**

Debido a la cercanía del sitio del proyecto con la Ciudad de Morelia, no se tiene contemplada la construcción provisional de estos en el sitio de la obra, máxime que se tiene contemplado contratar mano de obra local.

- **Energía eléctrica**

Para poder poner en marcha la Planta Potabilizadora se requerirá de la construcción de una subestación eléctrica de tipo compacta, con tensión nominal de de 15 Kv para convertir de 13,200 a 480 VCA, para dotar de energía eléctrica a la planta, así como el de un transformador de potencia y el de un generador de emergencia de 1,500 KVA.

- **Instalaciones sanitarias.**

Se pretende el arrendamiento de sanitarios portátiles a razón de un baño por cada 25 empleados. Se considerará un mínimo de dos por cada frente de trabajo y deberán ser localizados en sitios de fácil acceso para el personal involucrado en la obra. La empresa arrendadora será la responsable de su limpieza por lo menos tres veces por semana, y conducirá los residuos hacia el sitio que la autoridad competente le haya otorgado en el momento de su registro y permiso de operación.

- **Bancos de material.**

Para el suministro de los materiales requeridos por la obra, se acudirá a diversas casas de materiales localizadas en la ciudad para la adquisición de cemento, mortero y varillas de acero. Se utilizará el banco de materiales más cercano a la localidad.

## II.2.5 Etapa de construcción

Las obras a realizar serán primeramente el despalme del terreno y su retiro total garantizando la eliminación de la capa orgánica, se procederá a realizar excavaciones para albergar las cimentaciones de las estructuras propuestas, así como la excavación de las zanjas para alojar la tubería del emisor como las de interconexión.

### Para la cimentación de las estructuras

Considerando los suelos encontrados en el predio, las cimentaciones que se recomiendan para el desplante de las estructuras de la planta, es a base de losa de cimentación rigidizadas con contratrabes.

La losa de cimentación de las estructuras deberá apoyarse en una plataforma que esté formada por las siguientes capas y espesores.

Capa de base = 20 cm

Capa de sub-base = 20 cm

Filtro = 60 cm

Para la construcción de las cimentaciones de las estructuras de la planta se debe seguir el siguiente procedimiento constructivo.

- a) Cortar los 20 cm superficiales para retirar la capa vegetal y el material que este más influenciado por los cambios de temperatura y humedad.
- b) Si por niveles de proyecto se requiere, abrir caja para alojar la estructura de la plataforma, para ello será necesario implementar un sistema de bombeo adecuado que permita el abatimiento del nivel de aguas freáticas.
- c) Realizados los cortes indicados en los puntos anteriores compactar el terreno natural hasta alcanzar el 90% de su peso volumétrico seco máximo.
- d) Sobre el terreno natural compactado colocar el material de filtro en tres capas de 20 cm cada una y que este formado por material pétreo limpio con partículas cuyo tamaño varíen de 1" a 3" y acomodarlo con rodillo vibratorio.
- e) Si por niveles de proyecto se requiere aumentar el espesor de la plataforma esta deberá darse con capas de filtro tal como se indica en el inciso anterior.
- f) Sobre el filtro la capa de base colocar la losa de cimentación de acuerdo a lo indicado en el diseño estructural.
- g) El material de filtro que forma la plataforma deberá quedar confinado, por lo que si es necesario deberán construir pequeños muros de contención.

La capacidad de carga admisible que se debe utilizar en el diseño de la cimentación es de 3 ton/m<sup>2</sup>.

En caso de no utilizar la losa de cimentación o cajón, se recomienda utilizar la alternativa de pilas de cimentación, desplantadas en el estrato resistente.

No se deberán dejar abiertas las excavaciones durante un periodo mayor de 7 días, para evitar desprendimientos por el secado del material.

Si se aplica una descarga uniforme en las estructuras igual al valor de la capacidad de carga admisible (3 ton/m<sup>2</sup>) se tendrá un asentamiento máximo por consolidación primaria del orden de 18 cm.

Si el valor de la capacidad de carga no es suficiente para soportar las descargas de las estructuras que se van a construir en la planta se deberá utilizar cimentación profunda a base de pilotes.



Si alguna de las estructuras de la planta se requiere desplantar debajo de la superficie actual del terreno se deberá utilizar un sistema adecuado de bombeo para abatir el nivel de aguas freáticas.

Se recomienda que durante la construcción general de la planta potabilizadora se lleve un estricto control de calidad que garantice que los materiales cumplan con las normas de la S.C.T. y lo indicado en este informe.

### Acceso, Estacionamiento y Área de Maniobras

Para la construcción del acceso, el estacionamiento y el área de maniobras, se recomienda dentro del estudio de mecánica de suelos, la construcción de un pavimento de condiciones y características adecuadas, para uso y funcionalidad de la Planta Potabilizadora.

El pavimento propuesto es del tipo “flexible” presentando la siguiente estructuración:

Carpeta Asfáltica (concreto asfáltico)	7 cm espesor
Base Hidráulica (mezcla 80/20 en volumen) (80% grava arena y 20% cementante)	20 cm espesor
Sub base (mezcla 60/40 en %) (60 % grava arena y 40% cementante)	20 cm espesor
Capa rompedora de capilaridad (Filtro)	40 cm espesor

Se debe retirar en su totalidad la capa vegetal (20 cm aprox.) que se encuentra en la superficie (despalme).

Abrir caja con un espesor de 40 cm.

Compactar el terreno natural descubierto al 90% de su peso volumétrico seco máximo mediante la prueba Proctor Estándar.

Una vez compactado el terreno natural descubierto, colocar dos capas de 20 cm de espesor cada una de material de filtro (tamaño máximo 4”), bandeado con tractor o motoconformadora y acomodado con rodillo vibratorio.

Sobre la capa de filtro se colocará una capa con características de sub base, se recomienda emplear una mezcla en volumen de grava-arena (60%) y cementante (40%), la mezcla utilizada deberá cumplir con las siguientes especificaciones.

Limite Líquido	35% máximo
Contracción Lineal	4% máximo
VRS	50% mínimo
Tamaño Máximo	2”

Sobre la capa de sub base se colocara una capa con características de base hidráulica, se recomienda emplear una mezcla en volumen de grava arena (80%) y cementante (20%), dicha mezcla deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

Sobre la capa de base hidráulica se aplicará un riego de impregnación en una cantidad de 140 a 150 l/m<sup>2</sup>, cuidando que la superficie quede totalmente cubierta.

Sobre la capa de base impregnada se colocará una carpeta asfáltica (concreto asfáltico) de 7 cm de espesor (compacto). Se deberá tener un estricto control en las temperaturas de tendido y compactado para garantizar que la carpeta quede con características adecuadas.

La profundidad de excavación para la caja en terreno natural deberá estar sujeto de acuerdo a los niveles de proyecto, considerando los espesores de las capas que forman el mejoramiento de las estructuras del pavimento en cualquiera de las dos alternativas.

El concreto hidráulico que formara la losa de rodamiento deberá ser suministrado por una empresa concretera.

Para los materiales que se emplearan en las mezclas de sub base y base se recomienda que los bancos sean previamente analizados en cuanto a costo, acarreo y sobre todo calidad del material.

El concreto asfáltico utilizado en la carpeta deberá ser diseñado adecuadamente para que cumpla con las especificaciones que establece la S.C.T. para este material.

### **Área de Reactores**

En el área de reactores, los mejoramientos ya han sido propuestos en el proyecto, a continuación se describe el proceso constructivo mediante el cual se realizarán los trabajos de tercerías y formación de bordos, así como la descripción del proceso de precarga.

### **Proceso Constructivo**

Retirar en su totalidad (20 cm aprox.) la capa vegetal existente sobre la superficie (despalme)

Abrir caja con un espesor de 50 cm.

Compactar el terreno natural descubierto hasta alcanzar el 90% de su peso volumétrico seco máximo, mediante la prueba Proctor Estándar.

Una vez compactado el terreno natural, se colocará una capa de filtro (tamaño máximo 4") de 30 cm de espesor, bandeado con tractor o motoconformadora y acomodado con rodillo vibratorio.

Sobre el filtro se colocará una capa de suelo cemento de 50 cm de espesor compacto. Para obtener el suelo cemento se realizará una mezcla de limo arenoso adicionado un 4% de

cemento calculado en volumen y la cantidad de agua será la mínima necesaria para obtener una mayor manejabilidad y de la misma forma obtener, su compactación al 95% mínimo, con una mayor rapidez.

Sobre el suelo cemento se colocaran las capas correspondientes de Linner y sobre el Linner una plantilla autonivelante de 8 cm de espesor, empleando un concreto de  $f'c = 100$  kg/cm<sup>2</sup> mínimo, con un revenimiento en obra de  $12 \pm 3.5$  cm. Dicha plantilla deberá quedar con una superficie rugosa para obtener una mejor adherencia y evitar posibles filtraciones.

Una vez terminada la plantilla se empezará el proceso de formación de bordos; se debe considerar emplear el material compuesto por una arena arcillosa (8SC). Los bordos se formarán de la siguiente manera:

Se incorporará material en capas no mayores de 20 compactos.

Cada capa se compactará hasta alcanzar el 95% de su peso volumétrico máximo, mediante la prueba Proctor Estándar; el equipo que se empleara será un rodillo pata de cabra.

Se considerará una tolerancia de + 2% en la humedad aplicada en campo respecto a la humedad óptima.

### **Proceso de Precarga**

Durante la construcción de los bordos, se procederá a colocar material producto de excavación y despilme en el área de lagunas de cada reactor, este material provocará el efecto de precarga en dicha área, ayudando de esta manera a que el terreno natural sufra el mayor asentamiento en el menor tiempo posible y de esta manera garantizar la seguridad de la obra en cuanto a los asentamientos posibles.

Se deberán colocar bancos de nivel fijos en el área de lagunas y en el área de bordos, dichos bancos de nivel deberán registrar el asentamiento producido por la precarga y bordos en el terreno natural

Al momento de cumplir el periodo de tiempo destinado para la precarga se retirará el material colocado en área de lagunas y se procederá a afinar los taludes de los bordos.

Para el suministro del material para la formación de bordos se recomienda localizar un banco de material que presente un material que cumpla con los requerimientos necesarios para el tipo de obra, además debe presentar una localización que favorezca económicamente la obra.

El efecto de precarga se puede lograr con el material propuesto anteriormente o llenado de agua lagunas a la profundidad del proyecto, una vez terminados los bordos.

El periodo de la permanencia de precarga se determinara mediante los tiempos estimados en ruta crítica para este concepto.

Cabe mencionar que entre mayor sea el tiempo de precarga mayor será el beneficio para lo obra, reduciendo el riesgo de que se presenten asentamientos importantes, una vez terminada la obra.

Las obras complementarias que se proyectan sobre los bordos (cárcamos y canales de lodos), deberán ser diseñados y calculados (estructura y concreto) adecuadamente y se construirán una vez que los bordos estén terminados, y la precarga sea retirada.

Todos los aproches entre el cuerpo de los bordos y las obras complementarias, deberán realizarse con rellenos en capas no mayores a 20 cm del mismo material con el que se formaran los bordos, y compactados al 90% (mínimo) de su peso volumétrico seco máximo, mediante la prueba Proctor Estándar.

### **Edificio de oficinas, laboratorio y servicios, planta alta dimensional y caseta de vigilancia**

Para la cimentación del área de oficinas y caseta de vigilancia se propone utilizar una losa de cimentación, debido a que en el predio se presenta un terreno natural con importante plasticidad y contenido de humedad, lo cual puede provocar la aparición de ligeros asentamientos diferenciales producto de los cambios volumétricos ocasionados por la plasticidad del terreno natural bajo cambios bruscos de humedad.

#### **Proceso Constructivo**

Retirar en su totalidad la capa vegetal que se encuentre en la superficie (despalme) y abrir caja con un espesor de 40 cm de profundidad.

Compactar el terreno natural descubierto, hasta alcanzar el 90% de su peso volumétrico seco máximo mediante la prueba Proctor estándar.

Colocar dos capas de material de filtro (tamaño máximo 4") de 20 cm de cada una, bandeado con tractor o motoconformadora y acomodado con rodillo vibratorio.

Sobre el filtro se colocará una capa de material con características de base hidráulica, la cual debe cumplir con las especificaciones antes mencionadas. Se recomienda emplear una mezcla en volumen de 80% grava arena y 20% cementante.

Para el caso del edificio de oficinas, posiblemente el cálculo estructural arroje zapatas corridas para las columnas que se ubican en el área de la nave industrial, para el desplante de las zapatas se recomienda seguir el siguiente proceso constructivo:

Una vez terminada la plataforma de cimentación, se procede a excavar a la profundidad de desplante.

Se colocará sobre el terreno natural una capa de material inerte (grava arena) con firmes de nivelación.

Sobre la capa niveladora se colocará una plantilla de concreto pobre ( $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ )

Sobre la plantilla se desplantara la zapata.

Para el caso de los firmes de la nave industrial del edificio de oficinas se recomienda colocar una losa de piso colada en tableros de dimensiones definidas, empleando un concreto de  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ , con un revenimiento de  $12+ - 3.5 \text{ cm}$ .

Una vez colocado el concreto de los firmes se deberá realizar un adecuado curado del mismo, mediante el empleo de una membrana de curado que reúna las características necesarias de acuerdo a las condiciones del concreto.

### **Obras complementarias (Espesadores, vertedores, pretratamientos y obra de toma)**

Tomando en cuenta que los armados y elementos que forman las obras complementarias ya están calculadas y diseñadas, para su desplante se harán los siguientes trabajos:

Una vez definidas las profundidades de desplante para cada obra, abrir la excavación a dicha profundidad.

Colocar sobre el terreno natural una capa niveladora (20 cm) de material inerte (grava arena).

Sobre la capa niveladora se colocarán una plantilla de concreto de  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ .

Sobre la plantilla se desplantaran los armados para cada obra complementaria.

En caso de que al excavar para la profundidad de desplante se encuentre el nivel freático este deberá atacarse, colocando un cárcamo de bombeo y bombear al exterior el agua, constantemente, una vez abatido el nivel freático el terreno natural se estabilizará con material de filtro y de esta manera obtener una superficie estable para desplante.

Las obras a realizar serán primeramente el despalle del terreno y su retiro total garantizando la eliminación de la capa orgánica, se procederá a realizar excavaciones para albergar las cimentaciones de las estructuras propuestas, así como la excavación de las zanjas de las tuberías de interconexión.

Para alcanzar las cotas de proyecto en la construcción de los tanques, será necesario realizar cortes y en algunos casos rellenos estructurados, en el caso de rellenos, estos deberán ser de buena calidad, conformándose en capas de 20 cm de espesor máximo y compactándolos al 90% de su peso volumétrico seco máximo. El terreno de apoyo deberá escalonarse para evitar posibles planos de falla potencial, los cuales estarán en función de la topografía existente.

La excavación se realizará hasta unos 10 cm antes del desplante de las losas de fondo, manejando taludes con una relación 0.75:1 (horizontal-vertical) y protegiéndolos contra intemperizaciones; posteriormente se realizará la excavación de las trincheras con 1 m de profundidad en ambas direcciones, colocando el armado y el colado de las contratrabes.

La excavación de los 10 cm para alcanzar el piso final de apoyo, se realizará manualmente; inmediatamente se colocará una plantilla de concreto de baja resistencia de 5 cm de

espesor, amarre de las contratraves con el armando de la losa de fondo y el colado de esta misma; así como la construcción de la superestructura.

Los taludes de la excavación se determinaron considerando una sobrecarga en la corona de  $2 \text{ t/m}^2$ , obteniéndose una relación de 0.75:1 (horizontal-vertical), los cuales deberán rectificarse de acuerdo a la inestabilidad de las paredes.

Las zanjas donde se alojarán las contratraves se excavarán con taludes prácticamente verticales y deberán permanecer abiertas el tiempo mínimo necesario para su construcción. Al alcanzar el piso final, se colocará una plantilla de concreto de baja resistencia, de 5 cm de espesor. Las zanjas se rellenarán con el material producto de la excavación, previamente seleccionado, compactando en capas no mayores de 0.20 m a un grado no menor de 90% respecto a su peso volumétrico seco máximo.

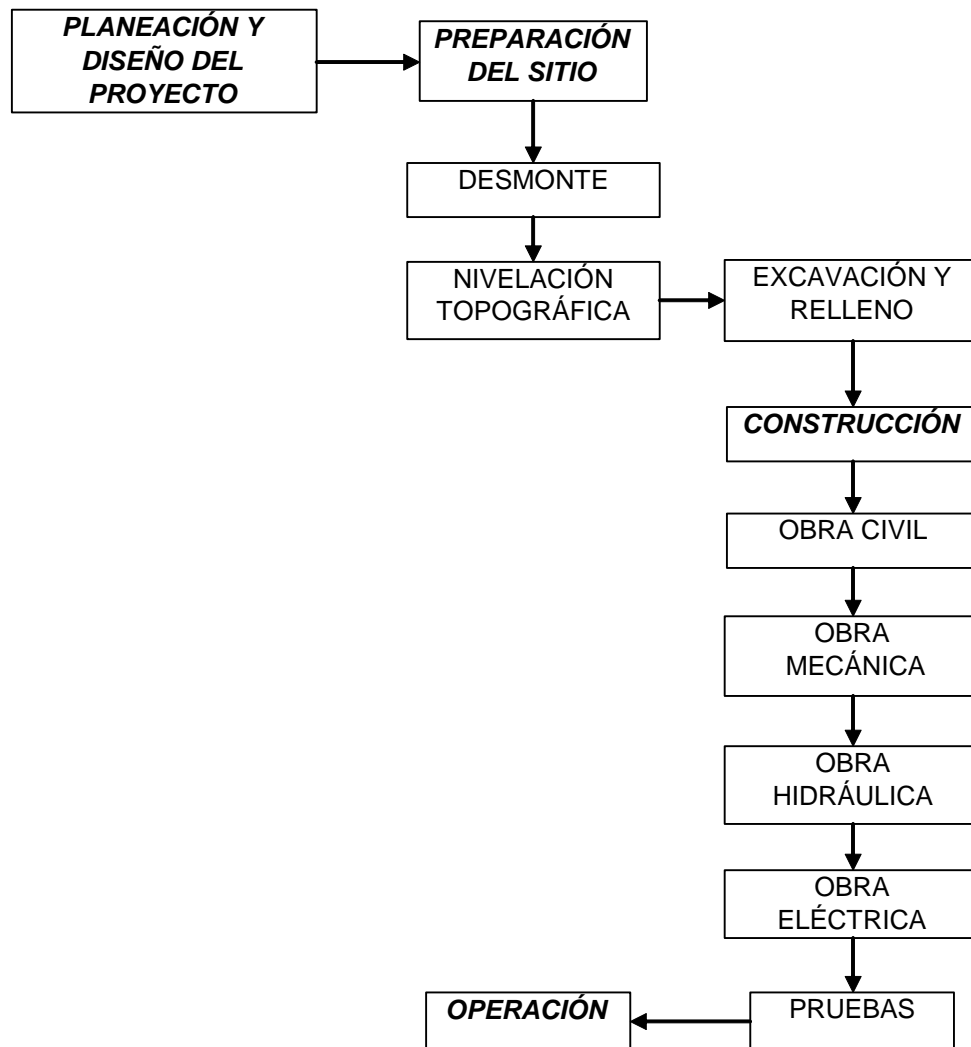
Los meses donde se concentrara el mayor número de personal será en la etapa de construcción en los primeros 9 meses con una cantidad de 50 trabajadores por mes. Teniéndose que contratar las siguientes categorías: Cabo general de obra civil, Ayudante de cimbrero, Ayudante de obra, Ayudante de tubero, Auxiliar de topografía, Cabo-sobrestante, Operador de equipo menor, Auxiliar de topografía, Ingeniero civil, Oficial albañil, Peón de obra, Oficial cimbrero, Oficial tubero, Cabo-sobrestante, Técnico especialista, Oficial herrero, Oficial herrero, Ayudante de oficial herrero, Ayudante de herrero, Cabo general de obra civil.

En la actualidad se encuentra en licitación el proyecto por lo cual el programa de utilización del equipo y maquinaria definitivo no se tiene hasta que OOAPAS determine el ganador de dicha licitación y pase el tiempo en que pueda haber inconformidades por parte de los licitantes no ganadores.

Sin embargo la maquinaria a utilizar en la etapa de construcción estará conformada por

- Motoconformadora
- Compresor
- Retroexcavadora
- Motoescrepa
- Compactador de suelos
- Cargador frontal
- Camiones de volteo de  $7 \text{ m}^3$
- Excavadora caterpillar
- Martillo neumático
- Martillo hidráulico
- Pipa dos ejes de  $15 \text{ m}^3$
- Tránsito de medición
- Vibrador
- Rodillo articulado

**FIGURA II.3 DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL DE DESARROLLO DEL PROYECTO**



## II.2.6 Etapa de operación y mantenimiento

### II.2.6.1 Descripción de las actividades del programa de operación y mantenimiento.

En cuanto a las instalaciones generales de la Planta Potabilizadora se deberá llevar a cabo los mantenimientos y acciones estipuladas en el manual de operación y mantenimiento de la Planta Potabilizadora.

El mayor riesgo dentro de las instalaciones de la Planta Potabilizadora es el manejo, operación y almacenamiento del gas cloro, ya que es un gas tóxico que atenta con la salud e inclusive puede causar la muerte a exposiciones prolongadas, adicionalmente en presencia de humedad se vuelve corrosivo por lo que una falla pequeña no atendida puede convertirse

en un problema mayor. Las fallas más comunes son fugas en conexiones y por una mala operación del sistema.

A continuación se describirán los parámetros de operación del cloro, ya que, como se ha mencionado, es la sustancia que nos conlleva a mayor preocupación dentro del proceso.

### **Operación:**

El flujo de gas en el clorador es causado por el vacío creado en el inyector y la presión presente en el depósito de cloro. Este flujo es controlado por una serie de válvulas de diafragma operadas por resorte. El vacío ejercerá un tirón sobre el diafragma de la válvula reguladora de presión y abrirá el asiento de entrada. La entrada de cloro mantendrá este vacío a un valor prácticamente constante. El vacío antes de la válvula de tasa de flujo es algo mayor debido a la caída de presión a través del rotámetro. La válvula reguladora de vacío está diseñada para mantener una caída de presión constante a través de la válvula de tasa de flujo. Así que el flujo a través de la válvula de tasa de flujo, orificio V-notch o válvula de aguja, es únicamente una función del tamaño del orificio determinado por la posición de la válvula de tasa de flujo ajustado manualmente por el operador. De la válvula reguladora de vacío el gas pasa al inyector donde es mezclado con el agua y la solución resultante es descargada al punto de aplicación.

La válvula de alivio de presión-vacío tiene dos propósitos. El primero es el de admitir aire del venteo para liberar el exceso de vacío en el sistema, ocasionando ya sea por que el suministro de cloro es agotado o cortado, o falle la válvula reguladora de vacío, en este caso el diafragma de la válvula de alivio de presión-vacío es jalado para que el vástago de la válvula abra y admita aire del venteo. Si la válvula reguladora de presión no asienta correctamente y se desarrolla una ligera presión positiva en el clorador, el diafragma de la válvula de alivio de presión-vacío es forzado en la dirección opuesta y la presión es liberada a través del diafragma, al venteo; siendo éste último el segundo propósito.





- **Temperatura de operación:**

El agua a ser desinfectada debe tener una temperatura entre 10 y 26.6°C ya que a temperaturas de 9.56°C o menores, se forma una disolución acuosa saturada de cloro que da origen a un sólido con ocho moléculas de agua llamada hielo de cloro ( $\text{Cl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ).

- **Presiones extremas de operación:**

La presión del gas cloro en el clorador debe estar entre 1.4 y 2.11  $\text{kg}/\text{cm}^2$

La presión del agua en el inyector estará en el rango de 2.81 a 6.33  $\text{kg}/\text{cm}^2$  dependiendo del sistema.

Los valores en el vacío del inyector deberán estar entre 38.1 y 63.5 cm de mercurio.

Los valores en el vacío del clorador se deben mantener en el rango de 12.7 a 25.4 cm de mercurio.

La presión en el abastecedor de cloro deberá estar entre 1.4 y 2.81  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .

Debido a que un mantenimiento apropiado y oportuno dentro de las instalaciones es el camino más adecuado para minimizar los riesgos, se contempla la adquisición de equipos de mantenimiento preventivo tanto para el regulador de vacío, como para el clorador con el fin de garantizar una correcta operación de la planta potabilizadora.

El sistema de cloración contempla válvulas de seccionamiento con el fin de aislar en determinado momento alguna parte de la planta potabilizadora lo que favorecerá en caso de fuga o de mantenimiento de las líneas y accesorios.

Las válvulas check evitarán que exista flujo inverso al deseado evitando problemas de sobrepresión.

Para garantizar que la dosificación de proyecto se cumpla se tiene contemplada una válvula dosificadora automática.

Deben revisarse con frecuencia todas las conexiones en las líneas de cloro. Se deberá corregir la menor fuga de cloro inmediatamente ya que se pueden convertir rápidamente en grandes fugas ya que el cloro en presencia de humedad es altamente corrosivo. Para evitar corrosión en las líneas en caso de fuga toda la instalación e la Planta Potabilizadora de cloro esta resulta a base de tubería de PVC.

La contratación del suministro del cloro incluirá el colocado de los tanques en el sitio de la Planta Potabilizadora, por lo que el transportista será el responsable de llevar a cabo la acción de manera segura, deberá contar con los permisos requeridos para el transporte de sustancias peligrosas.

El transportista deberá contar con un documento de embarque el cual contendrá la información necesaria para identificar el material involucrado. Nombre, clase de riesgo o división del material, Número de identificación, grupo de envase o embalaje, así como la información requerida que describa los riesgos del material y las recomendaciones pertinentes en caso de un accidente. Deberá incluir un cartel visible en el vehículo con número de identificación y las características principales de la sustancia.

### **Mantenimiento**

En un sistema de cloración es imprescindible que se cuente con un programa de mantenimiento preventivo ya que éste requiere de vigilancia continua, debido a que un descuido o negligencia puede resultar en un peligro para el personal o daño del equipo.

La programación de las actividades a desarrollar será de acuerdo al manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento, siguiendo para ello los tiempos señalados para mantenimientos preventivos y correctivos y la vida útil de las piezas y equipos involucrados, señalados por el fabricante.

Se deberán llevar a cabo inspecciones periódicas para detectar inmediatamente fugas por deterioro de la tubería y de las piezas especiales.

En base a bibliografía especializada se sabe que en los procesos de potabilización en donde se utiliza gas cloro para su desinfección, los accidentes en donde está involucrada dicha sustancia, es por un mal manejo de la sustancia, presentándose la mayor incidencia por fugas en las conexiones de tuberías, válvulas y accesorios, siendo las más comunes cuando se conecta o desconecta una tubería flexible o manguera.

Se deberá probar toda unión nueva con una estopa humedecida con amoníaco sostenida cerca de las uniones, los humos blancos de cloruro de amonio señalan las fugas. Evítese el contacto directo del amoníaco sobre las válvulas y conexiones ya que éste deshace algunos recubrimientos.

Nunca se trabajará en un sistema presurizado, si hay una fuga, es necesario cerrar la válvula del cilindro, y en su caso las de seccionamiento y posteriormente repare la fuga.

No usar llaves inglesas de más de 15 cm de longitud para las válvulas del recipiente de 1 ton.

Algunas de las causas para poder presentarse alguna fuga son las siguientes:

1. - Fallas en los empaques, fuga en el sello de la bomba, orificio producto de la corrosión, mala conexión.

Si hay una pequeña fuga en el recipiente por un periodo relativamente largo, el cloro se liberará en una cantidad constante y se transformará en vapor. Una fuga con un orificio de ¼" es representativa de este caso.

2. - Orificio en una tubería larga.

Sí la tubería que une al depósito de cloro es larga se pueden producir evaporaciones en la descarga; una mezcla de vapor y líquido será liberada a la atmósfera.

3. - Desprendimiento de una válvula.

Cuando un cilindro cae y la válvula se desprende, se liberará a la atmósfera el cloro en forma líquida y gaseosa. De la misma manera sí una válvula de un cilindro de una tonelada se desprende, dejará libre un orificio de 5/16" y se formará inmediatamente una nube de gas del cloro liberado.

### II.2.6.2 Personal Operativo

El personal operativo que se requieren en la etapa de operación de la Planta Potabilizadora serán designados en el manual de operación derivado del proyecto ejecutivo, sin embargo se considera que el personal mínimo será el que se menciona a continuación:

<b>Puesto</b>	<b>Actividad</b>
Gerente de Operación	Administración General de la Planta Potabilizadora, Inspección y control de proceso, plan de actividades y manejo de personal.
Supervisor de Mantenimiento	Mantenimiento preventivo y correctivo del equipo e instalaciones de la Planta Potabilizadora.
Operadores	Control del Proceso
Laboratorista	Encargado de los análisis físico-químicos, biológicos del proceso.
Mecánico / Eléctrico	Mantenimiento a equipos y electrificación
Ayudantes de Operación	Actividades diversas en operación
Recepcionista	Recepción y captura de documentos.
Jardineros	Mantenimiento Áreas verdes
Limpieza	Limpieza general
Vigilantes	Mantener la seguridad de las instalaciones

### II.2.7 Descripción de obras asociadas al proyecto

#### a) Caseta de vigilancia

Se contará con una caseta de vigilancia para la seguridad del inmueble.

#### b) Edificio de oficinas

Para el personal Directivo y Administrativo etc.

#### c) Laboratorio

Se contará con un laboratorio para verificar la calidad del efluente de la planta una vez tratado, para garantizar que cumpla con la normatividad vigente.

#### d) Taller de mantenimiento

Equipo de herramientas y reparaciones de maquinaria y equipo.

### II.2.8 Etapa de abandono del sitio

Por la importancia que representa este tipo de obras y el servicio que ofrece, no se considera el abandono del sitio. Una vez que la infraestructura de la Planta Potabilizadora rebese la capacidad para la cual fue proyectada podrá sufrir rehabilitaciones, mejoras e inclusive ampliaciones, con el fin de que siga dando el servicio para la que fue proyectada.

### II.2.9 Utilización de explosivos

Por el tipo de suelo existente, no se prevé el empleo de explosivos.

### II.2.10 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera.

#### II.2.10.1 Generación de residuos sólidos

##### Etapa de Construcción

Durante la construcción y de acuerdo a la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción los residuos generados son del orden del 3 al 10% del volumen del material a utilizar, que

- **Residuos no peligrosos**

Durante la construcción, se considera que existe una generación de 0.5 kg/día/obrero, equivalentes a 25 kg/día. Los residuos deberán ser almacenados, recolectados y conducidos por parte de la compañía constructora en forma adecuada hacia el basurero municipal ubicado hacia la salida a Quiroga, una vez que estos hayan sido seleccionados y separados de los materiales que pueden ser reutilizados como son vidrio, plástico, metales, cartón y papel, con el fin de poder incorporarlos a la actividad económica.

Durante la operación, se considera que existirá una generación de 0.20 kg/trabajador/día. Los residuos deberán ser almacenados, recolectados y conducidos por parte de la empresa responsable de la operación de la planta en forma adecuada hacia el basurero municipal ubicado hacia la salida a Quiroga, una vez que estos hayan sido seleccionados y separados por lo menos en orgánicos, inorgánicos y sanitarios.

- **Residuos peligrosos**

Dentro de los residuos que pueden ser generados son aceites y lubricantes (incluidos como de manejo especial), envases que los contengan, así como envases de pinturas y materiales impregnados con dichas sustancias. Serán manejados de manera ambientalmente apropiada y de acuerdo a la legislación aplicable. Su posterior recolección por parte de alguna empresa autorizada en la materia.

Etapa de operación, los residuos que pueden ser generados son aceites y lubricantes (incluidos como de manejo especial), y materiales impregnados con dichas sustancias. Su almacenamiento y manejo deberán ser de manera ambientalmente apropiada y de acuerdo a la legislación aplicable. Su recolección deberá ser por parte de alguna empresa autorizada en la materia.

### **II.2.10.2 Generación de residuos líquidos**

Las aguas residuales serán las generadas por los trabajadores involucrados en la construcción de la obra; el volumen de generación será aproximadamente de 3 litros/trabajador/día. Se contarán con sanitarios portátiles y la empresa arrendadora será la responsable de su limpieza por lo menos tres veces por mes, y conducirá los residuos hacia el sitio que la autoridad competente le haya otorgado en el momento de su registro y permiso de operación. Dichos sanitarios se podrán rentar mientras se construye la fosa séptica que será a donde se conduzcan las aguas residuales durante la operación de la planta y se construya el área de servicio de la planta.

Durante la operación las aguas residuales serán las generadas por los trabajadores que laboren en la planta potabilizadora; el volumen de generación será aproximadamente de 40 litros/trabajador/día. El sitio de disposición será una fosa séptica

### **II.2.10.3 Manejo de residuos peligrosos y no peligrosos**

- **Residuos peligrosos**

Dentro de los residuos que pueden ser generados son aceites y lubricantes (los cuales son reutilizables), envases que los contengan, así como envases de pinturas y materiales empapados con dichas sustancias. Serán manejados de manera ambientalmente apropiada y de acuerdo a la NOM-052-SEMARNAT-2005 y en general a la legislación aplicable. Será necesario almacenarlos separadamente en tambos debidamente identificados para su posterior recolección por parte de alguna empresa autorizada en la materia.

Es preciso mencionar que en su caso la compañía constructora durante la construcción y posteriormente la El Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Morelia deberán darse de alta ante la SEMARNAT como generadoras de residuos peligrosos y deberán contratar a una compañía recolectora de residuos peligrosos autorizada por la propia Secretaría.

En caso de que se generen residuos peligrosos como por ejemplo estopas impregnadas, aceites usados, envases de aceites y combustibles, botes de pinturas, restos de pintura, etc., serán manejados de manera ambientalmente apropiada y de acuerdo a la legislación aplicable, la compañía constructora deberá darse de alta ante la SEMARNAT como generadora de residuos peligrosos y deberán ser recolectados por medio de una compañía recolectora autorizada por la propia Secretaría.

- **Residuos no peligrosos**

Los residuos sólidos municipales generados tanto en la construcción deberán ser clasificados para su reuso y depositados en contenedores que deberán estar colocados

estratégicamente para poder tener acceso a ellos fácilmente en cada frente de trabajo. Dichos contenedores facilitarán la clasificación de los residuos sólidos no peligrosos, de acuerdo a los colores estipulados en la tabla II.4 Los residuos que no puedan ser reutilizados se deberán retirar del lugar de la obra a sitios de confinamiento permanente.

**TABLA II 4 CONTENEDORES PARA CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES GENERADOS EN LA CONSTRUCCIÓN**

Color del contenedor	Tipo de residuo
Amarillo	Papel y cartón
Blanco	Vidrio
Azul	Plástico
Gris	Metal
Verde	Materia orgánica
Rojo	Varios

Durante la operación, los residuos deberán ser almacenados, recolectados y conducidos por parte de la empresa responsable de la operación de la planta en forma adecuada hacia el basurero municipal ubicado hacia la salida a Quiroga, una vez que estos hayan sido seleccionados y separados por lo menos en orgánicos, inorgánicos y sanitarios

#### **II.2.10.4 Disposición de residuos peligrosos y no peligrosos**

- **Residuos peligrosos**

Dichos residuos serán almacenados temporalmente en tambos de 200 litros para ser recolectados por una compañía autorizada, la cual deberá transportarlos hacia los sitios competentes de acuerdo al tipo de residuo recolectado autorizados.

- **Residuos no peligrosos**

En la etapa de construcción, la propia compañía constructora será responsable de transportarlos al lugar de depósito autorizado por el municipio, mientras que en la etapa de operación será el propio organismo operador y su almacenamiento no deberá ser mayor de cinco días con el fin de evitar proliferación de fauna nociva como roedores, moscas, etc. Estos almacenamientos no deberán perder su carácter temporal. Es importante mencionar que la compañía constructora podrá minimizar sus residuos orgánicos si con ellos hace compostas.

#### **II.2.10.5 Emisiones atmosféricas**

- **De combustión.**

Se producirán emisiones de gases y partículas a la atmósfera por la puesta en operación del equipo de construcción, en cantidades que se estiman de acuerdo a la tabla II.5

Adicionalmente se producirán polvos por la acción que ejercerán los vehículos y maquinaria sobre las partículas del terreno.

**TABLA II.5 PARTÍCULAS EMITIDAS A LA ATMÓSFERA POR LA MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN**

Partículas (kg/h)	CO (kg/h)	HC (kg/h)	NO (kg/h)
2.4	4.4	2.5	9.0

Nota: Gases carbónicos: CO (Monóxido de carbono), HC (Ácido carbónico)  
NO: Oxido de Nitrógeno:

- **Sólidos suspendidos.**

Existirá generación de polvo y aerotransportables tanto por el movimiento de tierras, como por el traslado de materiales a granel.

- **Ruido.**

Los niveles de ruido se percibirán mayormente en el sitio donde se encuentre operando el equipo de construcción y disminuirán en intensidad conforme a la distancia de la fuente emisora, consignándose los niveles de ruidos estimados como se muestra en la tabla II.6. Los niveles de ruido observados a 15 m de distancia de diferentes equipos de construcción, varían desde 72 a 96 dBA para equipo de movimiento de tierras, de 75 a 88 dBA para equipos de manejo de material y de 68 a 87 dBA para equipos fijos el equipo de impacto puede generar niveles de ruido de hasta 115 dBA (EPA, EEUU, 1972).

**TABLA II.6 NIVELES DE RUIDO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN**

Fuente Emisora	nivel de ruido pico dBA	a 15 m de la fuente	a 30 m de la fuente	a 60 m de la fuente	a 120 m de la fuente
Pick Up	92	72	66	60	54
Camión de volteo	108	88	82	76	70
Tractor	107	87-102	81-96	75-90	69-84
Cargador	104	73-86	67-80	61-74	55-68
Motoconformadora	108	88-91	82-85	76-79	70-73
Perforadora Neumática	108	88	82	76	70
Bulldozer		94			
Motoescropa		93			
Camión pesado		93			
Mezcladora de concreto	105	85	79	73	67
Vibrador de concreto		64			

dBA: Nivel de presión acústica, ponderación A



**TABLA II.7 RANGOS NORMALES DE NIVELES DE RUIDO DE ENERGÍA EQUIVALENTE (DBA)**

<b>Etapa</b>	<b>Con todo el equipo necesario presente en el lugar</b>	<b>Con el equipo mínimo requerido presente en el lugar</b>
Limpieza del terreno	84	84
Excavación	88	78
Cimentaciones	88	88
Levantamiento	79	78
Acabado	84	84

FUENTE: Agencia de Protección Ambiental EPA, EEUU, 1972.

### **II.2.11 Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos**

En cuanto a las aguas residuales generadas por los servicios durante la etapa de operación, éstas serán enviadas hacia una fosa séptica, la cual deberá construirse en los primeros meses para poder utilizarla desde el inicio de las obras.

Respecto a los residuos no peligrosos serán enviados al basurero municipal.

Y en caso de general residuos de manejo especial y/o peligrosos se deberá dar su gestión adecuada en apego a la legislación aplicable.

<b>II</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>II-1</b>
<b>II.1</b>	<b>INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....</b>	<b>II-1</b>
II.1.1	Naturaleza del Proyecto.....	II-1
II.1.2	Selección del Sitio .....	II-5
II.1.3	Ubicación física del proyecto y planos de localización .....	II-12
II.1.4	Inversión Requerida.....	II-14
II.1.5	Dimensiones del proyecto .....	II-15
II.1.6	Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias.....	II-16
II.1.7	Urbanización del área y descripción de servicios requeridos .....	II-16
<b>II.2</b>	<b>CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO .....</b>	<b>II-17</b>
II.2.1	Descripción del proceso de tratamiento que recibirá el agua.....	II-17
II.2.2	Programa general de trabajo .....	II-27
II.2.3	Preparación del sitio .....	II-28
II.2.4	Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto.....	II-28
II.2.5	Etapas de construcción.....	II-30
II.2.6	Etapas de operación y mantenimiento.....	II-38
II.2.7	Descripción de obras asociadas al proyecto .....	II-43
II.2.8	Etapas de abandono del sitio .....	II-44
II.2.9	Utilización de explosivos.....	II-44
II.2.10	Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera. ....	II-44
II.2.11	Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos .....	II-48

### **III VINCULACION CON LOS ORDENAMIENTOS JURIDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACION DEL USO DE SUELO**

#### **III.1 ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN**

##### **III.1.1 Ordenamientos ecológicos decretados.**

El sitio de estudio queda dentro del Ordenamiento Ecológico Regional de la Cuenca del Lago de Cuitzeo, de la Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente; Con política ambiental de protección en donde la clave del uso propuesto para la zona es de BSA119 Bienes y servicios ambientales (Áreas Naturales Protegidas).

El ordenamiento Ecológico fue aprobado por los 13 cabildos de la cuenca de la parte de Michoacán. Publicado el Decreto en el Periódico Oficial del Estado, en donde se publico el día 13 de junio del 2006.

##### **III.1.2 Plan o programa parcial de desarrollo urbano estatal o de centro de población.**

- **Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Morelia, H. Ayuntamiento de Morelia, octubre 2004.**

Lograr una ciudad sustentable que permita mejorar la calidad de vida, con desarrollo económico con buenos servicios públicos y en armonía con el medio ambiente.

Analizar y mejorar la distribución del agua que nace en los manantiales de algunas tenencias.

Establecer control sobre las cuencas de los Ríos Grande y Chiquito de Morelia Así como de las zonas de infiltración de los mantos acuíferos para garantizar el abasto de agua potable a la ciudad de Morelia.

#### **METAS**

Zonificación primaria del centro de población.

- Para llegar a garantizar que se respete el uso y destino de las RESERVAS ECOLOGICAS URBANAS que se determinan en el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Morelia como reservas territoriales patrimoniales incluyendo el polígono de Área Natural Protegida de La Mintzita, que tiende a salvaguardar el destino del agua en beneficio de la población, es indispensable lograr que sean de propiedad estatal o municipal.

- Determinar las áreas que integran y delimitan el centro de población; sus aprovechamientos predominantes y las reservas, usos y destinos así como de la delimitación de las áreas de conservación, mejoramiento y crecimiento del mismo.
- Sujetar el desarrollo urbano de Morelia al marco de una planeación sustentable.
- Reconocer las áreas de preservación que son indispensables para la conservación del medio ambiente.
- Desalentar el crecimiento de la ciudad hacia las áreas de preservación ecológica.

Infraestructura:

- Condicionar la realización de proyectos de factibilidad para la introducción de los servicios de agua y energía eléctrica, solamente en aquellas áreas previstas y en los términos de ordenamiento urbano establecido.
- Promover en coordinación con OOAPAS y CONAGUA un programa emergente de mejoramiento en la dotación y suministro de agua potable.
- Promover la construcción de plantas de tratamiento ligadas a la preservación de cuencas y condicionar los nuevos fraccionamientos al manejo conveniente de sus aguas residuales.
- Promover junto con el OOAPAS del sistema integral de alcantarillado y drenaje pluvial.

- **Plan de Desarrollo Municipal de Morelia, Mich., 2005-2007**

Prospectiva 2005-2030

Uno de los indicadores principales considerados para delinear los posibles escenarios es el del comportamiento de la variable demográfica esta prospectiva pretende concordancia con la prospectiva 2002-2030 del actual Gobierno del Estado de Michoacán de Ocampo que plantea a través de la Secretaría de Planeación Estatal.

Políticas generales:

El Municipio es la base de la división política y territorial en nuestro país. La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos le confiere la responsabilidad de «prestar los servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales; alumbrado público; limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos; mercados y centrales de abasto; panteones; rastro; calles, parques y jardines y su equipamiento; seguridad pública; policía preventiva municipal y tránsito».

Aspectos Ambientales:

- Suficiencia de las fuentes de aprovisionamiento de agua potable.

- Cauces superficiales y mantos freáticos saneados.
- Saneamiento continuo de los sistemas de agua potable.

Eficacia y eficiencia:

- Analizar y mejorar la distribución del agua que nace en los manantiales de algunas tenencias.

Desarrollo urbano y hábitat

- Llevar a cabo planeación urbana detallada para áreas estratégicas.
- Proteger áreas naturales.
- Prevenir y controlar la contaminación ambiental.
- Promover el crecimiento ordenado y sustentable el municipio en armonía con el medio ambiente.

- **Plan Estatal de Desarrollo 2003-2008,**

Dentro de capítulo correspondiente a la Elaboración de criterios de sustentabilidad en la promoción de la actividad económica y en el aprovechamiento de los ecosistemas regionales se menciona: Con base en una regionalización adecuada, se elaborarán los ordenamientos ecológicos territoriales de las regiones, con el objeto de orientar programas de recuperación de potencialidades productivas y de saneamiento ambiental.

#### PROGRAMA DE SALUD COMUNITARIA

Ocho son los *ítems* fundamentales en el despliegue de este programa de salud: a) Campañas educativas relacionadas con los principales problemas de salud en la región, y detección de medios para corregirlos; b) Promoción y suministro de alimentos sanos, inocuos y de adecuados niveles nutricionales; c) Provisión de agua potable y saneamiento básico; d) Planeación e integración familiar y salud materno-infantil; e) Inmunización contra las enfermedades infecciosas más importantes en la región; f) Prevención y control de las enfermedades endémicas locales; g) Tratamiento adecuado a las enfermedades y lesiones comunes; h) Provisión segura y oportuna de medicamentos esenciales.

#### CONSERVACIÓN PRODUCTIVA Y PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y CORREDORES BIOLÓGICOS

La conservación de las especies de plantas, animales, hongos y microorganismos amenazadas o en peligro de extinción requiere de la protección y conservación de sus hábitats, conjuntamente con la defensa de la integridad de los ecosistemas donde se refugian, mantienen y reproducen.

A pesar de ser un estado con una gran diversidad de ecosistemas, sólo alrededor del uno por ciento de la superficie total del estado se encuentra bajo algún régimen de protección federal o estatal, y son muy jóvenes aún las experiencias de algunas comunidades rurales tendientes a promover la conservación y uso colectivo de la biodiversidad.

Por ello, la presente Administración realizará una delimitación científica y socialmente adecuada de áreas naturales que puedan catalogarse como protegidas (ANP), así como de los corredores biológicos con condicionantes de uso y de aprovechamiento social y productivo de los recursos naturales, estimulando, apoyando y acompañando todas las iniciativas comunitarias que se encaminen y comprometan en una ruta similar.

- **Plan Nacional de Desarrollo 2001 - 2006**

El plan Nacional para el Desarrollo tiene entre sus objetivos: Garantizar la sustentabilidad ecológica del desarrollo económico en todas las regiones del país. Así como recuperar las condiciones favorables ambientales de los drenes y ríos.

La protección y restauración del hábitat natural de las diferentes zonas se mantendrán como propósitos no discutibles en los procesos de desarrollo económico. Existen grandes retos relacionados con la integridad de los ecosistemas.

Al igual que en el siguiente punto, se muestra a favor del presente proyecto.

#### 5.5.3 Desarrollo en armonía con la naturaleza

Para el bienestar y desarrollo de la sociedad se requiere disponer de agua en cantidad y calidad adecuadas, pero la mayoría de los ríos y lagos están contaminados. Lo anterior supone un manejo suficiente y racional que garantice a su vez que los cuerpos de agua superficiales y subterráneos sean aprovechados de manera sustentable.

### III.1.3 Programas sectoriales.

Dentro de los programas sectoriales que tienen ingerencia con el proyecto se encuentran los siguientes:

Con formato: Numeración y viñetas

- Programa Nacional hidráulico 2001-2006, abril 2002.

Establece el rumbo, los objetivos, estrategias nacionales y regionales mediante el fomento del uso eficiente del agua en la producción agrícola, la ampliación de la cobertura y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, el manejo integral y sustentable del agua en cuencas y acuíferos promoviendo el desarrollo técnico, administrativo y financiero del sector hidráulico, consolidando la participación de los usuarios y la sociedad organizada en el manejo y buen uso del agua, así como prevenir los riesgos y atender los efectos de inundaciones y sequías.

- El desarrollo del país debe darse en un marco de sustentabilidad.
- El agua es un recurso estratégico de seguridad nacional.
- La unidad básica para la administración del agua es la cuenca hidrológica, ya que es la forma natural de ocurrencia del ciclo hidrológico.

- El manejo de los recursos naturales debe ser integrado.
- Las decisiones deben tomarse con la participación de los usuarios.

- El Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001-2006

El Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001-2006 (PNMA) representa el marco que establece los principios bajo los cuales se han diseñado las estrategias correspondientes al Sector Hidráulico:

- Lograr sectores productivos, competitivos y ambientalmente sustentables.
- Garantizar la conservación de la biodiversidad del país.
- Detener y revertir la contaminación del agua, aire y suelo.
- Detener y revertir la deforestación y la erosión del suelo.

- Programa Nacional Forestal 2001-2006

Determina prioridades, objetivos, estrategias y líneas de acción para contener y revertir los procesos de deterioro de los ecosistemas forestales para superar las dificultades que enfrenta la actividad forestal, la constante degradación de los ecosistemas forestales se relaciona con políticas y prácticas que han representado una fuerte presión sobre estos recursos y que han tenido como consecuencias la erosión, sedimentación de lagos, obras hidráulicas y ríos, disminución en la recarga de mantos acuíferos en varias regiones del país y reducción del potencial productivo por la pérdida de fertilidad de suelos.

## HACIA UN MANEJO SUSTENTABLE DEL AGUA

### Visión del Sector Hidráulico en México al 2025

Considerando la problemática actual y la trascendencia del recurso en el bienestar y el desarrollo del país, aspiramos a ser:

"Una nación que cuente con seguridad en el suministro del agua que requiere para su desarrollo, que la utilice de manera eficiente, reconozca su valor estratégico y económico, proteja los cuerpos de agua y preserve el medio ambiente para las futuras generaciones".

La visión anterior considera el valor esencial que tiene el agua como recurso indispensable para el bienestar social, su importancia como un elemento estratégico en el desarrollo de las diferentes actividades productivas: agrícola, industrial, generación de energía eléctrica, pesca, navegación y turismo, el derecho que tienen las futuras generaciones a contar con el agua que requieran para su bienestar y desarrollo, así como el reconocimiento del medio ambiente como un usuario del agua.

- Cruzadas nacionales
  - Por los Bosques y el agua

Se refiere a la conservación del recurso agua como elemento principal dentro de la conservación de los ecosistemas.

- Por un México Limpio

Se vincula con el proyecto al referirse que se deberá preservar la calidad ambiental y se deberá cuidar el recurso hídrico.

#### **III.1.4 Programas de manejo de áreas naturales protegidas, cuando sea el caso.**

No existe plan de manejo sustentable para el área natural protegida de la Mintzita.

#### **III.1.5 Programas de Desarrollo Regional Sustentable (PRODERS)**

No hay para la zona.

#### **III.1.6 Regiones prioritarias para la conservación de la biodiversidad, establecidas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio).**

- **Regiones terrestres prioritarias**

El sitio de estudio no se encuentra incluido dentro de las zonas prioritarias definidas por CONABIO.

- **Regiones Hidrológicas Prioritarias**

La región hidrológica protegida conocida como "Pátzcuaro y Cuencas Endorréicas cercanas" se localiza en los estados de Michoacán y Guanajuato y cuenta con una extensión de 7,092.87 km<sup>2</sup>, definida por el polígono de Latitud 20°20'24" - 19°04'48" N Longitud 101°55'48" - 100°48'36" W

Eliminado:

En esta región se encuentran los siguientes recursos hídricos localizados en la zona de interés:

Recursos Lénticos:

Presa de Cointzio.- Tiene una capacidad de 60.7 mm<sup>3</sup>. Fue construida con el propósito de servir para riego, proporcionar agua potable, controlar avenidas y generar energía eléctrica.

Recursos Lóticos:

Río Grande y Río Chiquito de Morelia.



## III.2 Análisis de los instrumentos normativos

Se procedió a Identificar y analizar los instrumentos normativos que regulan el proyecto, destacando los siguientes:

### III.2.1 Leyes

El presente trabajo considera el marco legal constituido por las siguientes leyes:

- Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 13 de diciembre de 1996.

Esta Ley esta vinculada con el proyecto en: La prevención y control de la contaminación del aire, agua, suelo, actividades altamente riesgosas, materiales y residuos peligrosos, contaminación acústica; en las etapas de preparación del sitio, construcción y operación de la Potabilizadora, en el manejo adecuado de los procedimientos por parte del personal operativo involucrado.

El proyecto queda incluido dentro de las obras que requieren autorización en cuanto a impacto ambiental de acuerdo al artículo 28 de la presente ley.

- Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Michoacán, 13 de abril de 2000.

Esta Ley esta vinculada con el proyecto en: La regulación ecológica de los asentamientos humanos, la prevención y control de la contaminación del agua, la contaminación de cuerpos receptores, prevención y control de la contaminación de la atmósfera, del ruido y vibraciones energía térmica y lumínica, residuos sólidos en las etapas de preparación, construcción y operación de la Potabilizadora en el manejo adecuado de los procedimientos por parte del personal operativo involucrado.

- Ley de Aguas Nacionales, 01 de diciembre de 1992.

Relacionada con la obtención de la concesión de la fuente de abastecimiento (Manantial Mintzita), así como la contaminación de las aguas en las etapas de preparación, construcción y operación de la Potabilizadora en el manejo adecuado de los procedimientos por parte del personal operativo involucrado.

- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, 08 de octubre de 2003.

Esta Ley esta vinculada con el proyecto en: Clasificación de los residuos, Manejo integral de los residuos peligrosos en las etapas de preparación, construcción y operación de la Potabilizadora. (Que se generen por un mal manejo de los residuos sólidos y residuos peligrosos por parte del personal operativo en la función de sus actividades.)

Se debe realizar la separación parcial de los residuos no peligrosos generados en base a su vocación de reuso.

### III.2.2 Reglamentos

- Reglamento de la LGEEPA en materia de impacto ambiental, 30 de mayo de 2000.

Este reglamento esta vinculado con el proyecto en: Las obras y/o actividades que requieren autorización en materia de impacto ambiental, en la logística del proyecto y su programa de trabajo.

El proyecto queda incluido dentro de su artículo 5º, inciso A) Obras Hidráulicas, Fracción XI. Plantas potabilizadoras para el abasto de redes de suministro a comunidades, cuando esté prevista la realización de actividades altamente riesgosas, situación que se tiene al integrarse cloración como medio de desinfección.

- Reglamento de la LGEEPA en materia de residuos peligrosos.

Este reglamento esta vinculado con el proyecto en: La generación de residuos peligrosos y la gestión que se le dará a los residuos peligrosos en las etapas de preparación del sitio, construcción operación y mantenimiento de la Potabilizadora en el manejo adecuado de los procedimientos por parte del personal operativo involucrado.

- Reglamento de la LGEEPA en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera, 25 de noviembre de 1988.

Este reglamento esta vinculado con el proyecto en: La emisión de contaminantes a la atmósfera, generada por fuentes fijas y móviles en las etapas de preparación del sitio, construcción y operación de la Potabilizadora en el manejo adecuado de los procedimientos por parte del personal operativo involucrado.

- Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, 12 de enero de 1994.

Este reglamento esta vinculado con el proyecto en: Los lodos, producto de la potabilización del agua, deberán estabilizarse en los términos de las disposiciones legales y reglamentarias de la materia.

- Reglamento de Protección al Medio Ambiente del Municipio de Morelia, Morelia, Michoacán, 28 de Agosto de 2003.

Este reglamento esta vinculado con el proyecto en: El control de la contaminación atmosférica, prevención y control de la contaminación del agua, de la generación del ruido y olores, de la contaminación de los residuos sólidos de la protección de la Flora y Fauna en las etapas de preparación del sitio, construcción y operación de la Potabilizadora. (Aplicado a todas las actividades propias de la construcción, al manejo operativo del personal y de la gestión adecuada de los residuos de la Potabilizadora).

### III.2.3 Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas

**TABLA 1 NORMAS OFICIALES MEXICANAS**

<b>Normas</b>	<b>Vinculación con el proyecto</b>
NOM-001-SEMARNAT-1996 Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales	Esta norma esta vinculada con el proyecto en la descarga de las aguas residuales en la etapa de operación en la fosa séptica.
NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección Ambiental, Lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.	En las actividades de desasolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal así como en las correspondientes a la operación de las plantas potabilizadoras. Regula la gestión adecuada de los lodos generados por la operación de la Potabilizadora.
NOM-041-SEMARNAT-1993, que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	Principalmente de la maquinaria que se utilizará en las obras de las etapas de preparación del sitio de la Potabilizadora.
NOM-045-SEMARNAT-1993, que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible.	Principalmente de la maquinaria que se utilizará en las obras de las etapas de preparación del sitio y construcción de la Potabilizadora.
NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos	Se relaciona con la identificación de los residuos peligrosos generados en las etapas de preparación del sitio, construcción y operación de la Potabilizadora.
NOM-059-SEMARNAT-2001, Que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección.	Identificación de especies que poseen algún status de conservación y que pudieran estar en peligro por las actividades en las etapas de preparación del sitio y construcción de la Potabilizadora.

Normas	Vinculación con el proyecto
NOM-080-SEMARNAT-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.	Establece los límites permisibles de ruido generados por la maquinaria y/o equipos principalmente en las etapas de preparación del sitio y construcción.
NOM-002-STPS-2000, Condiciones de seguridad-prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.	Señala los equipos de seguridad, equipo contra incendios, tipo y número de extintores, señalamientos alusivos etc. en los centros de trabajo. Sistema de alarma sonora con confirmación visual. Brigadas para resolver contingencias. El responsable de la obra, durante la construcción y el responsable de operación en la etapa subsecuente, así como el personal encargado de prestar los primeros auxilios, deberán estar capacitados conforme a lo indicado en la norma.
NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.	En la etapa de operación de la Potabilizadora, en cuanto al manejo del gas cloro, los sistemas de seguridad para su almacenamiento y utilización dentro del proceso. Sistema de protección de derrames, ni señalización. Se contará con un botiquín de primeros auxilios.
NOM-010-STPS-1999, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.	Aplica para el manejo del gas cloro, transportación, almacenamiento y aplicación de la sustancia en el proceso de potabilización.
NOM-017-STPS-2001, Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.	El personal que labore en la Potabilizadora deberá hacer uso del equipo de protección personal (mascarillas, guantes, mandil, goggles, botas) sobre todo aquel que sea responsable del manejo del gas cloro. Las mascararas contra gas cloro deberán colocarse fuera del área de cloración en sitios estratégicos, adecuados, de manera que se encuentren fácilmente y estén listas para su uso inmediato.

Normas	Vinculación con el proyecto
NOM-018-STPS-2000 Sistema para la Identificación Comunicación de Peligros y Riesgos con Sustancias Químicas Peligrosas en el centro de trabajo.	Señalamientos en tanques y equipo referente a la peligrosidad y capacidad de los mismos.
NOM-021-STPS-1993 Relativa a los requerimientos y características de los informes de los riesgos de trabajo que ocurran, para integrar las estadísticas.	Principalmente en la etapa de operación de la Potabilizadora, capacitación al personal operativo.
NOM-026-STPS-1998, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.	Estipula el código de colores y señalización de todas las áreas, equipos y tuberías que conducen sustancias. Dentro de las instalaciones de la Potabilizadora se contará con señalamientos referentes al tipo de equipo de protección requerido para el personal acuerdo al área de trabajo que labora, así como avisos y señales precautorias, informativas y restrictivas Se deberán identificar los equipos que estén relacionados con el manejo de cloro y las tuberías que lo conduzcan deberán ser reconocidas bajo el marco normativo.
NOM-127-SSA1-1994, "Salud Ambiental, Agua Para Uso y Consumo Humano-Limites Permisibles De Calidad Y Tratamientos A Que Debe Someterse El Agua Para Su Potabilizacion".Fecha De Publicación: 22 De Noviembre De 2000	Esta norma esta vinculada con el proyecto en la operación de la Planta Potabilizadora en los límites permisibles de calidad del agua tratada.
NOM-179-SSA1-1998 Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento público	Esta norma esta vinculada con el proyecto en la operación de la Planta Potabilizadora en la calidad del agua para distribuirse.
NOM-006-CNA-1997. Fosas sépticas prefabricadas - Especificaciones y métodos de prueba. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 29 de enero de 1999.	Esta norma esta vinculada con el proyecto en la operación de la Planta Potabilizadora en las aguas residuales de las instalaciones.

<p>NOM-007-CNA-1997. Requisitos de seguridad para la construcción y operación de tanques para agua. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 1 de febrero de 1999.</p>	<p>Esta norma esta vinculada con el proyecto en la construcción y operación en los requisitos de seguridad de los tanques para agua de la Planta Potabilizadora.</p>
<p>NOM-011-CNA-2000. Conservación del recurso agua. Establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 17 de abril de 2002.</p>	<p>Esta norma esta vinculada con el proyecto en la operación y la conservación del recurso agua de la Planta Potabilizadora.</p>
<p>NOM-007-CNA-1997, Requisitos de Seguridad para la Construcción y Operación de Tanques Para Agua. Dof 01/02/99</p>	<p>Esta norma esta vinculada con el proyecto en la construcción y operación de tanques para agua de la Planta Potabilizadora.</p>
<p>NOM-012-SSA1-1993. Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano públicos y privados. 12 de agosto de 1994.</p>	<p>Esta norma esta vinculada con el proyecto en la operación de las instalaciones de la Planta Potabilizadora.</p>
<p>NOM-117-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica. 6 de agosto de 1995.</p>	<p>Esta norma esta vinculada con el proyecto en la operación de la Planta Potabilizadora en la calidad del agua.</p>

### III.2.4 Decretos, programas y/o acuerdos de vedas forestales

La Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente (SUMA) del gobierno del estado ha decretado como área natural protegida al manantial de la Mintzita en enero del 2005, promoviendo el pago de servicios ambientales para que los ejidatarios, dueños de las aproximadamente 419 hectáreas, puedan llevar a cabo acciones de conservación de la flora y fauna.

El motivo de la protección del manantial de La Mintzita, es la protección del recurso agua que abastece a la capital del Estado, así como garantizar las condiciones óptimas de salud para la población. Esta situación, en la actualidad se encuentra en un estado que requiere la inmediata intervención, toda vez que actualmente se vienen realizando diversas actividades tales como lavado de camionetas recolectoras de basura, extracción de agua por parte de las asociaciones de piperos, lavado de ropa por parte de los habitantes de los asentamientos

irregulares, baño y aseo público, etc. Todas estas actividades, vienen trastocando la seguridad de la población, con lo que en materia de riesgo, implica ser una fuente potencial de posibles epidemias surgidas de la insalubridad y contaminación de las aguas del manantial destinadas para consumo humano.

De lo anterior se desprende que el origen del área protegida es debido al servicio ambiental que ofrece el área en cuanto a la capacidad de recarga de agua y con ello garantizar el agua del manantial para abastecimiento, por lo que el proyecto no se contrapone a lo estipulado ya que se protege el área para garantizar el abastecimiento y con el proyecto se garantiza la calidad de dicho abastecimiento.

El documento indica que en el área de la Mintzita no se permitirá la ejecución de obras públicas o privadas que afecten el equilibrio ecológico del lugar. Por lo cual se deberán tomar medidas preventivas y de mitigación para no afectar el medio situación que se persigue con el presente trabajo.

De acuerdo al decreto se menciona que "El programa de manejo sustentable señalará el tipo y características de los proyectos que pueden llevarse a cabo en esa área". Sin embargo este no ha sido publicado.

De acuerdo con el decreto, se abre la oportunidad para que los ejidatarios impulsen proyectos ecoturísticos que involucren a los tres órdenes de gobierno. Además de proteger los manantiales, SUMA promoverá una iniciativa de ley que permita el pago de "servicios ambientales" a los ejidatarios de la Mintzita.

### **III.2.5 Calendarios cinegéticos**

La cacería deportiva y la captura de fauna silvestre con fines comerciales sólo se podrá realizar bajo criterios de sustentabilidad (Art. 82), por lo que cualquier aprovechamiento sólo podrá realizarse en predios registrados como Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA) con plan de manejo aprobado y tasa de aprovechamiento asignada, o bien, en predios donde se desarrolle y opere algún programa regional de conservación de hábitat, evaluación y monitoreo poblacional realizados al amparo del consentimiento expreso de los titulares de los predios y de un convenio firmado con la SEMARNAT.

En el estado de Michoacán se encuentran registradas 5 UMAS Cinegéticas cabe mencionar que en la zona del proyecto ninguna UMA ni convenio, se tienen registrados para estas actividades.

III	VINCULACION CON LOS ORDENAMIENTOS JURIDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACION DEL USO DE SUELO.....	III-1
III.1	ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN .....	III-1
III.1.1	Ordenamientos ecológicos decretados.....	III-1
III.1.2	Plan o programa parcial de desarrollo urbano estatal o de centro de población. III-1	
III.1.3	Programas sectoriales. ....	III-4
III.1.4	Programas de manejo de áreas naturales protegidas, cuando sea el caso. ...	III-6
III.1.5	Programas de Desarrollo Regional Sustentable (PRODERS).....	III-6
III.1.6	Regiones prioritarias para la conservación de la biodiversidad, establecidas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). ....	III-6
III.2	Análisis de los instrumentos normativos .....	III-7
III.2.1	Leyes.....	III-7
III.2.2	Reglamentos .....	III-8
III.2.3	Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas .....	III-9
III.2.4	Decretos, programas y/o acuerdos de vedas forestales.....	III-12
III.2.5	Calendarios cinegéticos .....	III-13



## **IV DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO**

### **IV.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

#### **IV.1.1 Justificación del área de estudio**

En cuanto a la razón de la elección del proyecto, esta zona fue seleccionada por las siguientes razones:

- Para la ubicación del sitio, se considero que en esta zona se puede captar las aguas del Manantial de la Mintzita.
- Para captar el agua se necesitaría una planta de bombeo al inicio, con lo que se bajaría el nivel del agua en el punto de captación con lo que se disminuiría el problema para los agricultores de la zona, que se quejan de que la captación actual provoca que los niveles freáticos en sus terrenos sean muy superficiales y les afecten a sus cosechas.
- Dado que se encontrará cerca del punto de afloramiento donde se tendrá la nueva planta de bombeo, disminuirá el ahogamiento de los manantiales, sobre todo del último afloramiento, con lo que el caudal captado aumentará un poco, en magnitud difícil de definir, pero que se puede determinar ya en la operación del sistema.
- Al tener esta planta de bombeo, la descarga de la potabilizadora se puede tener a un nivel más elevado que el nivel del agua en la toma actual, con lo que se estaría en mejor posibilidad de conducir un mayor caudal con la misma línea de conducción. Este efecto será menor que en la alternativa anterior debido a la mayor longitud de conducción, pero permitirá también incrementar la capacidad de la conducción actual.
- Al quitar el tramo de un Km de canal a cielo abierto entre el último afloramiento y la toma actual y construir el tramo de tubería, se disminuirá el problema más grave de contaminación del sistema actual.
- En estos terrenos desde hace varios años no se cultiva, debido a que es el terreno más afectado por el nivel freático alto por el remanso de la toma actual.
- Desde el punto de vista social, la localización de la toma en ese punto mediante obra de toma y planta de bombeo es la mejor solución a los problemas de niveles de agua en los terrenos aledaños.

#### **IV.1.2 Dimensiones del proyecto, distribución de obras y actividades a desarrollar**

Las actividades a desarrollar, corresponden a la construcción de una Planta Potabilizadora, con lo cual se pretende potabilizar las aguas del manantial de la Mintzita para lograr la calidad del agua de abastecimiento que cumpla con la normatividad aplicable y se eviten enfermedades por consumo de agua de calidad no apta.

Por diversas causas el caudal que aporta el manantial al sistema se contamina en su trayectoria antes de captarse y llevarse por tubería a la ciudad de Morelia, por lo cual se tiene en proyecto llevar la captación y el entubamiento hasta el principal sitio de afloramiento, cerca de la captación de CRISOBA, con el objetivo y la idea de mejorar la calidad del agua captada.

Sin embargo, por la naturaleza de la fuente y las restricciones para su captación, es de preverse que persistan problemas de mala calidad, como sólidos, color y olor, sobre todo en determinadas épocas del año, por lo que se considera necesario construir en esa zona una planta potabilizadora, cuya finalidad sería garantizar, bajo cualquier circunstancia a lo largo del año, que el agua cumpla con las condiciones de calidad que se requieren para su uso y consumo.

Por lo cual se ubicó el proyecto de acuerdo a la factibilidad de adquisición de los terrenos requeridos para albergar el proyecto, superficie que asciende a 3.97 ha.

La superficie total requerida para el proyecto, asciende a 39,746.268 m<sup>2</sup>, la superficie a ocupar de las obras permanentes es de aproximadamente 20,000 m<sup>2</sup>, a continuación se mencionan las instalaciones:

- Obra de toma o captación
- Caja de llegada
- Floculador
- Sedimentador
- Filtros
- Tralf
- Espesador
- Filtro banda
- Tanque de recuperación de agua de lavado de filtros
- Edificio central
- Edificio de dosificación
- Caseta de cloración
- Caseta de vigilancia
- Caseta de sulfato de aluminio
- Caseta de polímeros
- Caseta de sopladores
- Caseta y galería de operación de filtros
- Caseta de la subestación y del CCM
- Carcamo de agua recuperadora de Lodos

EL arreglo de conjunto de las obras antes mencionadas se puede consultar en el plano MZA-E-9 incluido en el anexo correspondiente.

#### **IV.1.3 Factores Sociales**

El factor social es una de las causas principales del presente proyecto ya que como se ha mencionado el proyecto beneficiara a la población que se abastece de las aguas del manantial de la Mintzita obteniendo agua de mejor calidad.

#### **IV.1.4 Usos de suelo**

El proyecto será desarrollado en los límites de la ciudad de Morelia, en terrenos que fueron dedicados a la agricultura, en donde la vegetación original prácticamente ha sido eliminada.

El origen del área protegida es debido al servicio ambiental que ofrece los terrenos del sitio en cuanto a la capacidad de recarga de agua y con ello garantizar el agua del manantial para abastecimiento, por lo que el proyecto no se contrapone a lo estipulado ya que se protege el área para garantizar el abastecimiento y con el proyecto se garantiza la calidad de dicho abastecimiento.

## IV.2 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL

### IV.2.1 Aspectos abióticos.

#### IV.2.1.1 Clima

De acuerdo con Enriqueta García (1988) en las modificaciones climáticas de Köppen, el clima de Morelia corresponde a los **Cb(w1)(w)(i')g**, es decir, clima Templado Subhúmedo, con verano fresco largo y con lluvias en verano, la temperatura media del mes más frío es de  $-3$  y  $18^{\circ}\text{C}$ , la precipitación del mes más húmedo de la mitad del año en que está el verano es mayor de diez veces a la del mes más seco, la precipitación del mes más seco es menor de 40 mm, y su precipitación anual mayor que la que constituye el límite de los climas secos (B) y menor que el límite de los climas C(m). El porcentaje de lluvia invernal es menor del 5% de la anual. El cociente de precipitación (P/T) está comprendido entre 43.2 y 55.0. La isothermal con poca oscilación entre los 5 y  $7^{\circ}\text{C}$ . El mes más caliente se presenta antes del solsticio de verano.

- Temperaturas promedio.

En la tabla siguiente se puede observar el promedio de las temperaturas máxima, mínima y media mensual donde la más alta ocurre en el año 1998 con  $19.4^{\circ}\text{C}$  y en el mes de Mayo con un valor de  $24.2^{\circ}\text{C}$  y la más baja en el año 1997 con  $18.2^{\circ}\text{C}$  y en el mes de Enero con  $5.6^{\circ}\text{C}$ . Siendo la temperatura media promedio del periodo de  $18.6^{\circ}\text{C}$ .

**TABLA IV.1 TEMPERATURAS PROMEDIO EN LA CIUDAD DE MORELIA.**

Concepto	Promedio anual periodo de 1994 - 2004										
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Temperatura máxima	27.8	27.5	27.9	27.5	28.3	28.1	28.3	26.9	27.2	27.6	27.3
Temperatura mínima	11.3	11.2	10.3	11.1	11.5	9.6	11.0	10.9	10.6	10.9	11.0
Temperatura media	18.6	18.3	18.0	18.2	19.4	18.8	19.2	18.3	18.9	19.0	18.9

Fuente: Comisión Nacional del Agua Datos Observatorio Meteorológico de Morelia

La precipitación es un factor importante ya que al conocer sus fluctuaciones podemos inferir si existirán problemas en las etapas de construcción y operación de la obra además de que es importante para el desarrollo de la vegetación circundante.

En cuanto al régimen de lluvias, como se menciona en la fórmula climática, estas se presentan en una época del año bien definida que es durante la estación de verano, como promedio de precipitación anual, en un periodo de observación comprendido entre 1994 y 2004, es de 722.6 mm, siendo del periodo el año de el 2000 el más seco con un promedio de 567.8 mm en el mes de febrero la más baja con 11.5 mm y la del año 2003 el más lluvioso con 1,007.7 mm en el mes de julio con 263.4 mm.

**TABLA IV.2 PRECIPITACIÓN PROMEDIO EN LA CIUDAD DE MORELIA.**

Concepto	Promedio anual periodo de 1994 - 2004										
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Precipitación total	716.3	845.8	542.7	777.4	871.2	670.1	567.8	945.3	953.4	1007.7	751.2
Número de días con lluvia	112	139	108	139	114	99	111	118	128	123	91
Número de días con granizo	1	4	5	9	1	2	3	4	7	8	2
Humedad relativa %	54	54	52	55	51	48	48	56	58	59	59

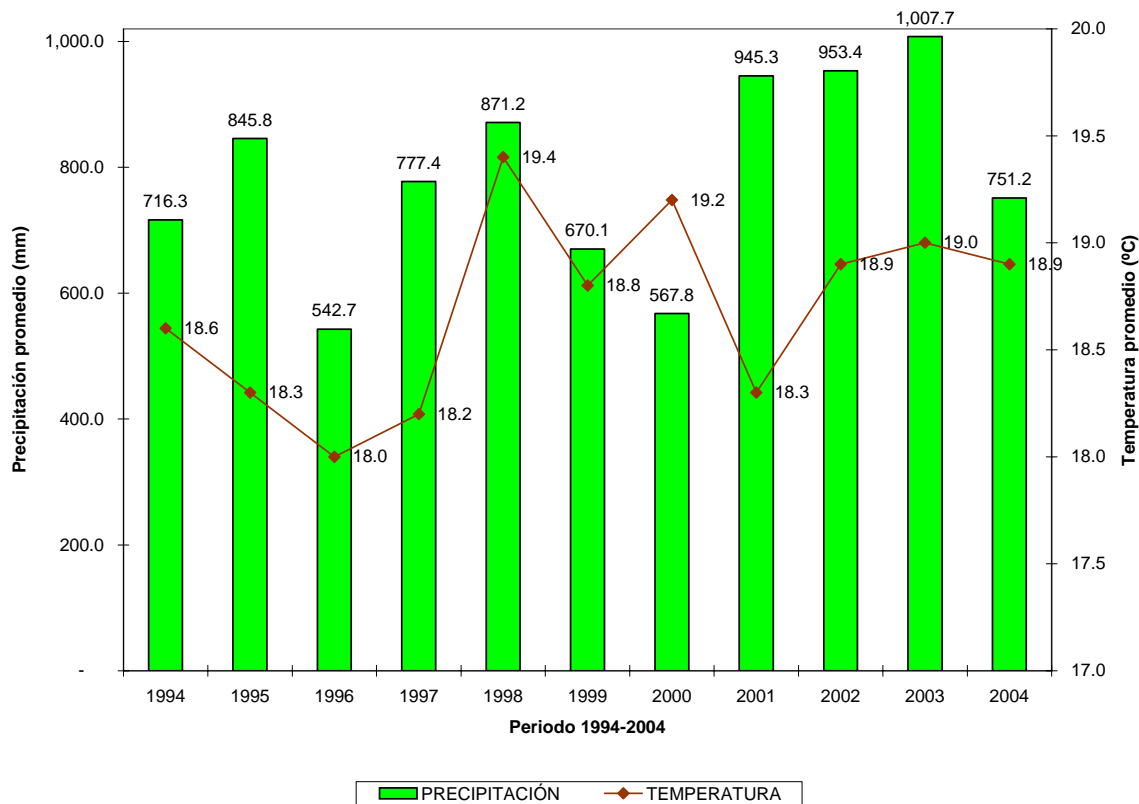
Fuente: Comisión Nacional del Agua Datos Observatorio Meteorológico de Morelia

El grado de Humedad relativa alcanza hasta un 71% para los meses de julio, agosto y septiembre.

- Intemperismos severos.

Los intemperismos que se presentan en la región son heladas y granizadas, para las primeras la frecuencia es de 20 a 40 días, mientras que para las segundas son de 2 a 4 días por año.

**FIGURA IV.1 CLIMOGRAMA DATOS OBSERVATORIO METEOROLOGICO DE MORELIA**



Fuente: Datos tablas anteriores, Comisión Nacional del Agua

- Dirección de los vientos y calidad del aire

Los vientos dominantes son del suroeste - noreste, lo cual es un factor importante para el desplazamiento de polvos, olores hacia las zonas abiertas.

**TABLA IV.3 VELOCIDAD PROMEDIO ANUAL DE LOS VIENTOS EN MORELIA**

PROMEDIO ANUAL	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
VELOCIDAD m/seg	1.6	1.8	1.7	1.5	1.5	1.5	1.4	1.9	2.2	2.1	2.0

Fuente: Comisión Nacional del Agua; Datos Observatorio Meteorológico de Morelia, Mich.

#### IV.2.1.2 Geología y geomorfología

El estado de Michoacán tiene una diversidad de formas que lo convierten en una de las identidades más ricas por su diversidad fisiográfica y biológica, lo cual influye en las condiciones climáticas y de vegetación y distribución de la fauna. Estructuralmente el Estado se conforma por dos Provincias principales la del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur.

El relieve original de la Provincia del Eje Neovolcánico, a la cual corresponde el área de estudio, está constituido esencialmente por rocas volcánicas jóvenes, del Cenozoico Superior. Esta variedad de rocas volcánicas fueron emitidas a través de un número importante de aparatos volcánicos (volcanes, sierras, etc.), alguno de altura notable como el Tancítaro, y como el Cerro del Quinceo.

Esta es una región de reciente e intensa actividad volcánica; su origen geológico se relaciona con el Altiplano Mexicano, levantándose desde el Cretácico Superior y durante el Cenozoico Medio y Superior Volcánico (Oligoceno-Mioceno). La mayor intensidad volcánica fue durante el Mioceno y Plioceno, pero se manifiesta aún en el Holoceno. Los Basaltos (B) conforman la mayoría de los aparatos volcánicos, otras rocas ígneas son las andesitas y riolitas, acompañados de sus tobas y brechas.

El conocimiento de las áreas litológicas, sus rasgos estructurales, su origen y sus delimitaciones, permiten identificar y delimitar el tipo de roca con potencial de uso, así como sus limitaciones para el desarrollo urbano, las actividades agrícolas y pecuarias, entre otros.

En la región destaca la presencia de elevaciones que señalan la actividad volcánica en el pasado, dando origen a extensos valles, ciénegas y sierras importantes que son el parteaguas que delimita las diversas cuencas de esta región. Resultado de ello, se pueden apreciar la presencia de rocas basálticas (B), Tobas riolíticas (Tr) y aluvión (al) que representa la parte inundada en algún tiempo por grandes extensiones de agua.

A esta región también se le conoce como Zona de Fosas Tectónicas, ya que existen en ella numerosos lagos cuya morfología, distribución y orientación sugieren la idea de estar situados en fosas tectónicas.

Particularmente la ciudad de Morelia se encuentra situada en un amplio Valle denominado Guayangareo, el cual esta formado por relleno de depósitos aluviales recientes sobre rocas

ígneas que corresponden principalmente a toba riolítica del Cuaternario. Sus numerosos cerros están formados en su mayoría por rocas basálticas, andesíticas y tobas riolíticas.

Entre los cerros volcánicos se abren llanuras y cuencas formadas en gran parte por rellenos aluviales o lacustres conteniendo grandes cantidades de cenizas volcánicas.

El terreno en estudio se localiza en una zona plana, donde se detectó como estrato superficial en una gran parte del predio un suelo aluvial y lacustre formado por una arcilla café. Muy cerca del terreno se tienen rocas basálticas y tobas riolíticas que forman un contacto con los suelos aluviales y lacustres que se tienen en el predio.

De acuerdo a la geología local, en la región, se conoce que las rocas más antiguas del lugar son las Andesitas, originadas por la actividad volcánica del Terciario Superior.

Las Riolitas y Andesitas, generalmente cubiertas por basalto, forman la masa de las montañas, pero los valles, donde se encuentra la mayor parte de la ciudad, que originalmente fueron cuencas lacustres, han sido llenados por materiales de origen fluvial y lacustre, tales como arcillas, arcillas limosas y limos arcillosos, debido a la presencia del río grande y chiquito, que atraviesan la ciudad.

En el sitio de estudio, superficialmente se encuentran suelos, compuestos por limos orgánicos de alta comprensibilidad color negro, con materia orgánica y de consistencia natural “muy blanda” y bajo estos, subyacen fragmentos de roca basáltica. Esta zona donde predominan las rocas ígneas basálticas, que caracteriza una zona de malpaís, este tipo de rocas se originaron en la era Cenozoica, en el periodo Cuaternario de la época del Pleistoceno (reciente) hasta antes de Holoceno.

**FIGURA IV.2 GEOLOGÍA LA MINTZITA PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO DEL CENTRO DE POBLACIÓN DE MORELIA**



## - Geomorfología

Michoacán se encuentra conformado por dos sierras principales, las cuales delimitan las principales Regiones Fisiográficas, la primera el Eje Volcánico Transversal, el cual cruza el Estado con dirección Oeste-Este; la segunda, es la Sierra Madre del Sur, misma que corre a lo largo de la región costera, entre ambas, destaca la Depresión del Balsas como un fenómeno geológico de características únicas.

Así mismo, y de acuerdo con INEGI, 2000 el Estado queda además dividido en 4 Provincias Fisiográficas: el Eje volcánico transversal, la Sierra Madre del Sur, la Depresión del Balsas y la Altiplanicie Mexicana y las Subprovincias Chapala, Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo, Mil Cumbres, Sierras y Bajíos Michoacanos, Cordillera Costera del Sur, Neovolcánica Tarasca, Escarpa Limítrofe del Sur, Depresión del Balsas, Discontinuidad Depresión de Tepalcatepec y Costas del Sur.

De acuerdo a lo anterior, el municipio de Morelia, se encuentran ubicado dentro de la Región y Provincia Fisiográfica correspondiente al Eje Volcánico Transversal y a la Subprovincia Mil Cumbres.

En la región los aspectos topográficos están definidos por los cerros de Quinceo y Punhuato, al poniente y oriente respectivamente, en el sur por la parte alta de las Lomas de Santa María, extendiéndose éste lomerío hasta el lado sur de la Mintzita y al norte por el valle de Tarimbaro. En la parte central de este conjunto topográfico, se asienta la mayor parte de la ciudad de Morelia en un valle, donde se presenta una zona intermedia alta que es donde se ubica el centro Histórico y el perímetro se conforma por la parte más baja, con escurrimientos hacia el noreste, encausados por el río grande y chiquito, con inicio en el lado sur-poniente.

El sitio donde se ubicarán las Estructuras de la Planta Potabilizadora de la Mintzita, se localiza al suroeste de la ciudad, en la Población de la Mintzita, municipio de Morelia, Michoacán, prácticamente colinda con la parte poniente de la Planta Papelera, es una zona baja y casi plana formando un valle, que se extiende en una superficie de varios kilómetros.

Las principales elevaciones que se encuentran en la zona son el cerro de El Águila con 3,600 msnm, la loma de El Remolino con 2,400 msnm, ambos ubicados al Suroeste de la ciudad de Morelia, el cerro Pelón está ubicado al Noroeste con 2,300 msnm y al Norte se localizan los cerros Prieto, Las Tetillas y Quinceo, con una altura máxima de 3,347 msnm, hacia el Suroeste y posterior a la presa de Cointzio se encuentra el cerro El Rincón con 2,400 metros de altitud, seguido hacia el Sur con el cerro La Trampa con 2,480 msnm., con dirección Sureste se encuentra el cerro Las Animas con 2,540 msnm. y el cerro Las Torrecillas con una elevación superior a los 2,400 metros. Finalmente el manantial de La Mintzita se encuentra ubicado a una altitud un poco menor a los 1,900 msnm.

Todas las elevaciones anteriormente señaladas, identifican las áreas de infiltración y escurrimientos superficiales que alimentan los manantiales localizados en las zonas bajas de esta cuenca y cuya dirección se pronuncia hacia el vaso de Cuitzeo, haciendo por lo tanto una topografía pronunciada hasta llegar a los valles.



- **Susceptibilidad de la zona a:**

- Sismicidad.

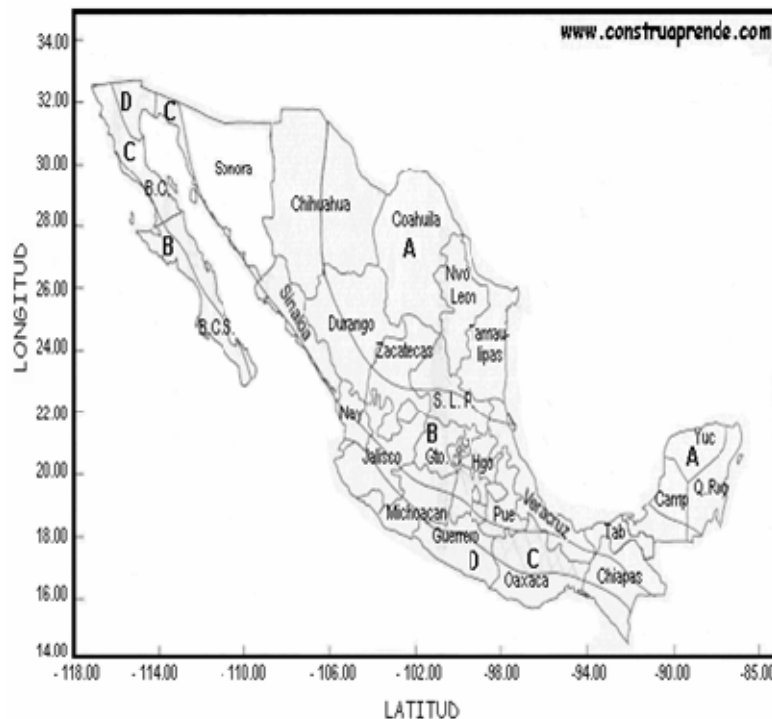
De acuerdo a la regionalización sísmica de la República Mexicana contenida en el Manual de Obras Civiles de la Comisión Nacional Federal de Electricidad, el país se divide en cuatro zonas sísmicas designadas con las letras de A a D en orden creciente de riesgo sísmico, el cual depende básicamente de la distancia a la zona de mayor generación de sismos de gran magnitud que es la que se encuentra en la costa del Pacífico. De lo anterior en el estado de Michoacán se presentan tres zonas de riesgo sísmico la B, C y D, de las cuales la ciudad de Morelia pertenece a la zona C Que corresponde a una zona de media a alta sismicidad.

Según al tipo de estructura que se pretende construir y al tipo de material encontrado en el terreno el coeficiente sísmico que se debe considerar en el cálculo estructural es del orden de 0.36.

Según la zonificación sísmica del estado de Michoacán, desde el punto de vista de la frecuencia con que han ocurrido los temblores en el país, la ciudad se localiza en la frontera entre la zona de sismos poco frecuentes y la de sismos frecuentes.

Según el catalogo de sismos ocurridos en la Republica Mexicana, en la zona alrededor de Morelia se han presentado 60 movimientos sísmicos en el periodo comprendido entre 1900 y 1970, con magnitudes que varían entre 4.0 y 7.8 en la escala de Richter.

**FIGURA IV.3 REGIONALIZACIÓN SISMICA DE LA REPUBLICA MEXICANA**



- Posible actividad volcánica.

La mayor parte de su extensión está clasificada fisiográficamente como escudos volcanes aislados o en conjunto. La parte norte del estado de Michoacán se caracteriza por una alta actividad sísmica y volcánica.

En esta región, que pertenece al Cinturón Volcánico Mexicano existen más de 1,000 volcanes monogenéticos en lo que se ha llamado el campo volcánico Michoacán-Guanajuato (Hasenaka y Carmichael, 1985).

Algunos de estos centros representan el vulcanismo más reciente en el Cinturón Volcánico Mexicano, que se manifestó históricamente en 1759 con la formación del volcán Jorullo y en 1943 con el nacimiento del volcán Parícutín.

- Fallas.

Debido a la conformación volcánica de la zona existe una gran cantidad de fallas y fracturamientos geológicos. La presencia de este tipo de elementos geológicos es de suma importancia identificarla, dado que sus movimientos son indicadores de peligro al desarrollo urbano y un descubrimiento tardío de estos puede obligar a un rediseño de la estructura, a cambiar su localización o al abandono total del lugar propuesto.

En cuanto a rasgos estructurales, se identifica en la zona (aunque no propiamente en la de estudio) una falla normal a 2,500 metros aproximadamente, conocida como Falla de Santa María, la cual abarca el tramo comprendido desde Buenavista, pasando por el fraccionamiento Lomas de la Huerta, Fraccionamiento Vista Hermosa, Col. Vista Bella y el entronque a la salida a Pátzcuaro hasta la Col. Hermanos López Rayón.

- Fracturas

Se localizan al Este y Sur de la ciudad, al Este de la ciudad se localizan varias fracturas en el cerro el Punhuato localizadas en las colonias Loma Libre y Lomas del Punhuato, y Javier Clavijero. Al sur de la ciudad se localizan una serie de fracturas, como es el caso de la que atraviesa la localidad Buena Vista.

Adicionalmente la zona del Quinceo, y zona circundante se caracterizan por su alto índice de fracturamiento geológico, lo que debe considerarse en la zona donde se desarrollará el proyecto, a fin de evitar daños en las propias estructuras de la planta.

#### **IV.2.1.3 Suelos**

En el sitio de estudio, superficialmente se encuentran suelos, compuestos por limos orgánicos de alta comprensibilidad color negro, con materia orgánica y de consistencia natural "muy blanda" y bajo estos, subyacen fragmentos de roca basáltica.

Los suelos que se encuentran mayormente en la zona de estudio son principalmente Vertisol pélico (Vp), Vertisol crómico (Vc), Luvisol crómico (Lc), Luvisol vértico (Lv) y Litosol (I).

Los vertisoles son suelos que se presentan en climas templados y cálidos, en zonas en las que hay una marcada estación seca y otra lluviosa.

La vegetación natural de estos suelos va desde las selvas bajas hasta los pastizales y matorrales de los climas semisecos. Son suelos muy arcillosos, frecuentemente negros o grises en las zonas del Centro y Oriente de México; y cafés rojizos en el Norte. En cuanto al tipo Vertisol pélico son de color negro o gris oscuro.

Los vertisoles pueden presentar características típicas de suelos expansivos, se caracterizan por las grietas anchas y profundas que aparecen en ellos en la época de sequía además de ser muy duros, pero cuando se encuentran húmedos son barrocos y se anegan en la superficie por tener un drenaje deficiente; aún en terrenos de poca pendiente, pueden presentar deslizamientos cuando se saturan de agua.

Son pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando están secos. A veces son salinos. Su utilización agrícola es muy extensa, variada y productiva. Son casi siempre muy fértiles pero presentan ciertos problemas para su manejo, ya que su dureza dificulta la labranza y con frecuencia presentan problemas de inundación y drenaje. En la agricultura presentan rendimientos buenos a muy altos. Para la utilización pecuaria, cuando presentan pastizales, son también suelos muy adecuados sobre todo en el Norte y Noreste del país. Tienen por lo general una baja susceptibilidad a la erosión.

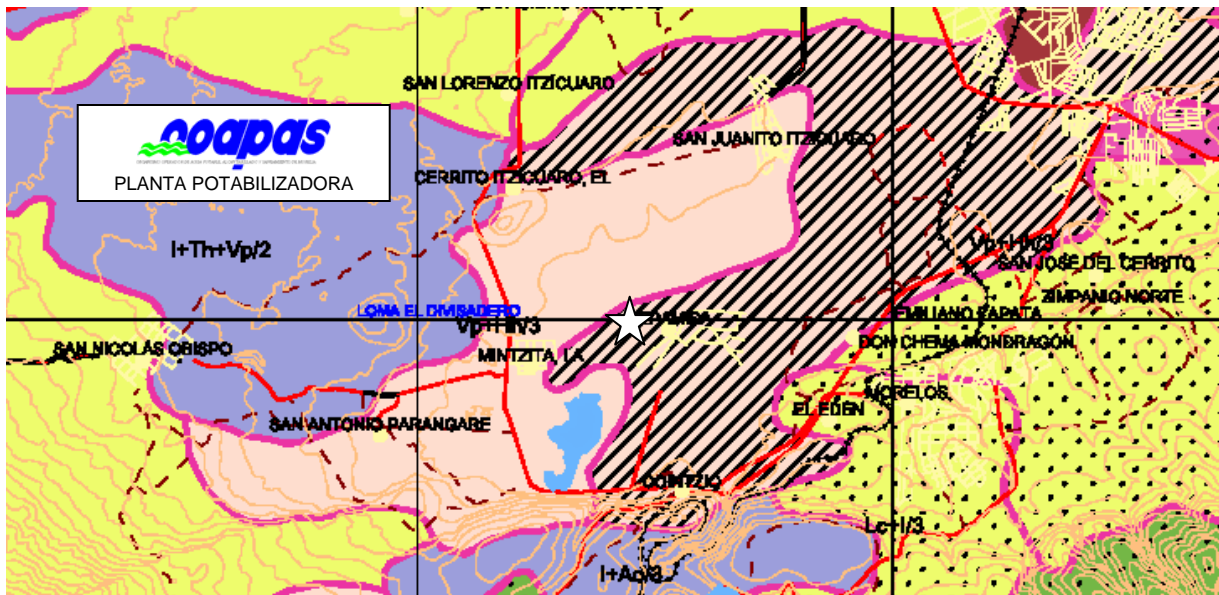
En cuanto a los suelos del tipo Luvisol son suelos que se encuentran en zonas templadas o tropicales lluviosas, aunque en ocasiones se pueden encontrar en climas algo más secos. Se caracterizan por tener, a semejanza de los Acrisoles, un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo, pero son más fértiles y menos ácidos que éstos. Son frecuentemente rojos o claros, aunque también presentan tonos pardos o grises, que no llegan a ser muy oscuros. Son suelos de alta susceptibilidad a la erosión.

Los suelos Litosol son suelos que se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, se caracterizan por tener una profundidad menor de 10 cm. Tienen características muy variables en función del material que los forma. Pueden ser fértiles o infértiles, arenosos o arcillosos. Su susceptibilidad a erosionarse depende de la zona en donde se encuentren de la topografía y del mismo suelo y pueden ser desde moderada a muy alta.

#### - **Composición del suelo.**

De acuerdo al plano edafología del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Morelia se tiene reportado para el sitio el tipo de suelo Vertisol Pelico como suelo primario y Feozem Haplico como suelo secundario de textura fina con fase física dúrica profunda.

**FIGURA IV.4 PLANO EDAFOLOGÍA PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO DEL CENTRO DE POBLACIÓN DE MORELIA**



El suelo predominante en la zona de estudio, de acuerdo a La carta edafológica de INEGI y a la clasificación FAO/UNESCO, es el Vertisol pélico de textura fina **Vp/3**, de tal suerte se encuentran en los alrededores de la zona del proyecto suelos del tipo Feozem háplico y Litosol.

El Vertisol pélico de textura fina se presenta a una profundidad variable hasta 35 centímetros, siendo su limitante Toba Riolítica, una clase textural fina y no contiene sales o sodio a una profundidad de hasta 125 cm.

Se considera como moderadamente drenado y con porcentajes de arcilla-limo-arena del 44, 26 y 30%, respectivamente.

Los suelos que se detectaron durante la exploración de los sondeos mixtos y que se reportan en el estudio de mecánica de suelos, incluido en el anexo correspondiente, son los siguientes:

#### **Sondeo No.1**

- ◆ De 0.00 m a 2.80 m el primer estrato, formado por un limo o arcilla orgánica (OH), color gris oscuro, de consistencia natural “muy blanda”.
- ◆ De 2.80 m a 8.80 m el segundo estrato, formado por fragmentos de roca basáltica de color gris oscuro, en estado muy compacto, con índice de calidad de la roca de 48%.

## Sondeo No.2

- ◆ De 0.00 m a 5.80 m el primer estrato, formado por un limo o arcilla orgánica color gris oscuro, de consistencia natural “muy blanda”.
- ◆ De 5.80 m a 8.40 m el segundo estrato formado por fragmentos de roca basáltica vesicular color gris oscuro en estado compacto, con un índice de calidad de roca de 5%.
- ◆ De 8.40 m a 10.87 m el tercer estrato, formado por una arcilla limosa color gris verdoso en estado compacto.

Se detecto el nivel de las aguas freáticas local a 0.50 m de profundidad.

**TABLA IV 4 COMPOSICIÓN DE LOS SUELOS EN LOS ALREDEDORES DEL SITIO DE ESTUDIO**

ORIENTACIÓN	FORMULA	COMPOSICIÓN
Hacia el Norte del sitio de estudio	Lc+Lv/3	Luvisol crómico como suelo predominante y Luvisol vertico como suelo secundario de textura fina.
Hacia el Este del sitio de estudio	Vp+Vc/3	Vertisol pélico como suelo predominante y Vertisol crómico como suelo secundario de textura fina.
Hacia el Oeste del sitio de estudio	Vp/3	El suelo predominante es el suelo Vertisol Pélico de textura fina.
Hacia el Sur del sitio de estudio	Vp+l/3	Vertisol pélico como suelo predominante y Litosol como suelo secundario de textura fina.

Fuente: Carta Edafológica 1:50,000 INEGI

### IV.2.1.4 Hidrología superficial y subterránea

La ciudad de Morelia se encuentra en la Región Hidrológica Número 12 Lerma-Santiago, la cual es una de las más importantes del país.

La Mintzita pertenece a la parte alta de la subcuenca del río Grande de Morelia-Cuitzeo, Subprovincia del Medio Lerma, cuenca Lerma-Chapala. Hidrológicamente cuenta con recargas de agua naturales en forma de manantiales, por lo que la calidad del agua es inmejorable, la dirección de su flujo es Noroeste a Sureste y se caracteriza por una permeabilidad de materiales no consolidados.

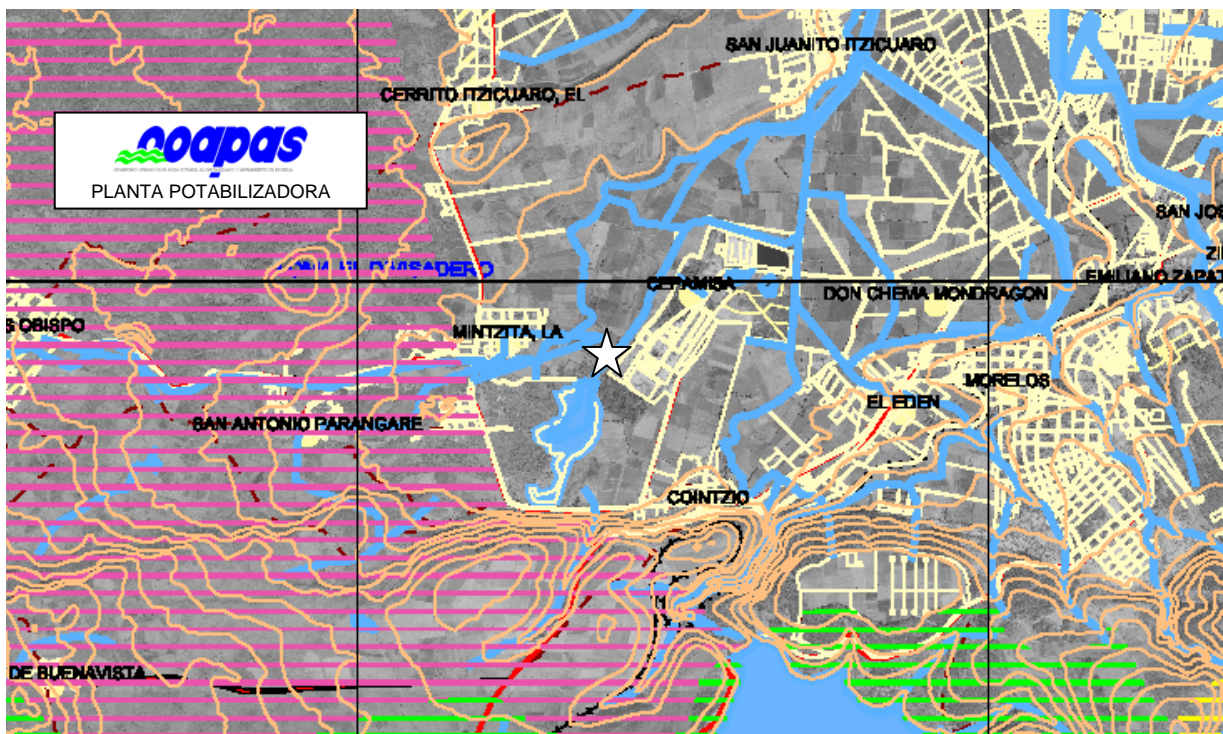
La Mintzita es un embalse natural, cuyo almacenamiento lo forman una serie de manantiales con un gasto aproximado de 1,100 lt/s de los cuales 600 lt/s son vertidos al río Grande directamente y el resto es utilizado para surtir de agua a la ciudad de Morelia como agua de uso doméstico, así como a los poblados vecinos que se sirven de ella.

- **Hidrología superficial**

Atraviesan la ciudad de Morelia los ríos Grande de Morelia y Chiquito, recibiendo en su trayectoria las descargas de aguas residuales de la ciudad presentando graves problemas de contaminación. Situación que pretende disminuir considerablemente con la puesta en marcha de la planta de tratamiento municipal.

El río Grande nace al Sureste de Acuitzio y llega hasta la laguna de Cuitzeo, de cuya cuenca forma parte. Su principal afluente es el río Chiquito y su punto de confluencia se sitúa al Oeste de la ciudad. En Morelia además se tienen varias corrientes menores de tipo intermitente y que actualmente muchas de ellas son utilizadas como colectores de aguas residuales y de basura, así como una serie de canales que determinan la gran cantidad de agua superficial y subterránea que invade la zona.

**FIGURA IV.5 CARTA HIDROGRAFÍA PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO DEL CENTRO DE POBLACIÓN DE MORELIA**



- **Almacenamientos**

En tanto los cuerpos de agua ubicados dentro del municipio de Morelia, por su capacidad de almacenamiento se destaca la Presa de Cointzio, la cual se encuentra a 11 km de la ciudad, con una capacidad de 72.5 hm<sup>3</sup>, construida sobre la cuenca del río Grande de Morelia, siendo una de las principales fuentes de abastecimiento de agua potable de la ciudad,

aunque también es utilizada para el riego del valle Morelia-Queréndaro. Además de la presa del manantial de la Mintzita que se encuentra al suroeste a 10 km de la ciudad.

- **Hidrología subterránea**

La ciudad de Morelia se encuentra sobre un acuífero cuyo nivel presentó un descenso de 30 m en 12 años, con un valor de abatimiento promedio de 2.5 m/año, pudiendo indicar que este acuífero está sobre explotado, situación que se puede haber agudizado hacia estas fechas debido a la perforación de nuevos pozos.

A partir de estudios geohidrológicos realizados para la zona, se sabe de la existencia de un acuífero más profundo, con una profundidad al techo del acuífero del orden de 300 m, el cual a la fecha no ha sido explorado y no se conoce su potencialidad.

También procedentes de los acuíferos de la zona, se encuentran una serie de manantiales localizados en toda una franja con dirección sur a norte, al Poniente de la ciudad de Morelia, señalan claramente el aporte importante que realizan los escurrimientos perennes e intermitentes de la cuenca, dada entre otros por la presencia de las elevaciones de los cerros El Aguila y El Quinceo, principalmente, esto por su capacidad de infiltración, especialmente este último, donde destaca una zona de malpaís. El manantial más importante es el de La Mintzita, el cual se encuentra al suroeste de la ciudad. Sobre el agua que produce este manantial se tiene una asignación bajo consigna por 50 años al OOAPAS por 1,100 l/s. Adicionalmente, existe una concesión para uso industrial (CRISOBA INDUSTRIAL) por 400 l/s; muy cercano al manantial de La Mintzita se encuentra otro manantial llamado La Alberquita en el poblado El Cerrito Itzícuaru, el cual probablemente pudiera aportar un gasto superior a los 150 l/s.

Al sureste de la ciudad se encuentran los manantiales de San Miguel del Monte cuyo caudal es de 139 l/s. Los manantiales del Salto también son aprovechados para el consumo de la población, encontrándose dentro de la mancha urbana, aportando entre los dos afloramientos un total de 70 l/s aproximadamente.

Existen además varios afloramientos menores como La Quemada que se ubica a orillas de la Av. Madero del que se aprovechan 15.5 l/s para consumo humano, el 4 de marzo también dentro de la mancha urbana con 2 l/s; los manantiales de Quinceo en la población del mismo nombre, y otro más pequeño cercano a la localidad de Torreón Nuevo.

La ciudad cuenta con 46 aprovechamientos de agua subterránea mediante pozos, adicionalmente, los manantiales de La Mintzita, San Miguel, El Salto y La Quemada para el abastecimiento a la población de Morelia, más el aprovechamiento parcial de las aguas captadas por la presa Cointzio. Estas fuentes de abastecimiento ofrecen un gasto potencial superior a los 2 000 l/s, de los cuales actualmente se explotan casi el 100% por lo que no es recomendable continuar con el nivel de explotación del acuífero por medio de pozos.

De acuerdo al estudio de mecánica de suelos el nivel de aguas freáticas se detecto a 30 cms de la superficie del terreno.

## IV.2.2 Aspectos bióticos

### IV.2.2.1 Vegetación terrestre

#### - Tipo de vegetación de la zona.

El crecimiento de la mancha urbana ha propiciado, entre otras, el desarrollo de asentamientos humanos y la construcción de vías de comunicación, lo cual ha provocado la eliminación de la vegetación original, tanto en la propia ciudad como en sus alrededores, debido a la perturbación del sitio se puede encontrar vegetación ruderal y arvense que acompaña a las actividades antropogénicas.

Según la clasificación de Rzedowski (1978), los tipos de vegetación en el municipio de Morelia son nueve: Matorral subtropical, pastizal inducido, bosque de encino, bosque de galería, bosque de pino, bosque de pino-encino, vegetación ruderal y arvense y bosque mesófilo de montaña.

Se puede observar que la vegetación original en la zona de estudio corresponde a un Matorral Subtropical, así como elementos de Bosque de Galería en el bordo del Río Grande de Morelia, la cual fue eliminada para dar paso a actividades agrícolas.

La vegetación acuática se compone de lirio acuático (*Eichornia crassipes*), tule (*Thypha domingensis*), nenúfar (*Nymphaea mexicana*), Pastos sumergidos (*Potamogeton pectinatum*), cola de zorra (*Ceratophyllum demersum*) entre otras especies. En la ribera se encuentran un bosque de Galería constituido por sauce llorón (*Salix sp.*), fresno (*Fraxinus sp.*) y sabino (*Taxodium sp.*). La vegetación característica del área es el matorral subtropical. También existen cultivos de temporal y riego donde se cultiva principalmente Maíz (*Zea mays*).

#### - Principales asociaciones vegetales y distribución.

La principal asociación que se encuentra en la zona de estudio es el Matorral subtropical (St) definido como la comunidad de arbustos o árboles bajos, inermes o espinosos, caducifolios que permanecen sin hojas durante una gran parte del año. Crecen en una zona de transición entre bosques templados, selvas bajas y matorrales. Asimismo, por sus características, se localiza el Bosque de Galería.

#### - Especies de interés comercial.

No existen en el sitio de estudio.

#### - Vegetación endémica y/o en peligro de extinción.

Aunque para el municipio de Morelia para el tipo de vegetación prevaleciente en la zona, se tiene reportadas las siguientes Zapote Blanco (*Diospyros xolocotzii*), sujeta a protección, Laurel (*Litsea glaucescens*), en peligro de extinción, Nogalillo (*Cedrela dugessi*), sujeta a protección especial.

En el sitio de estudio no se encuentran estas especies.



**TABLA IV.5 PRINCIPALES ESPECIES REPORTADAS PARA EL MUNICIPIO DE MORELIA PARA EL HABITAT DE MATORRAL SUBTROPICAL**

Nombre científico	Nombre común	Ubicación
<i>Aralia pubescens</i>	Hormiguillo aralia	Matorral Subtropical. Reportadas para la región de Morelia
<i>Erhetia latifolia</i>	Capulin blanco	
<i>Ipomoea muriuroides</i>	Casahuate	
<i>Agave sp.</i>	Maguey	
<i>Alondra racemosa</i>	Sueldo con sueldo	
<i>Zanthoxylum affine</i>	Chivillo palo mulato	
<i>Limpia palmeri</i>	Jara blanca	
<i>Ceiba aesculifolia</i>	Pochote ceiba	
<i>Opuntia sp.</i>	Nopal blanco	
<i>Forestia tormentosa</i>	Olivo mimbre	
<i>Colubrina triflora</i>	Carindapaz	
<i>Condalia veluntia</i>	Abrojo grangeno	
<i>Bursera bipinnata</i>	Copal	
<i>Bursera cuneata</i>	Copal	
<i>Ambrosia psilostachya</i>	Alamisa	
<i>Artemisa ludoviciana</i>		
<i>Baccharis salicifolia</i>	Jara brava	
<i>Brickellia veronicifolia</i>	Chilaco blanco	
<i>Calea urticifolia</i>	Prodigiosa	
<i>Verbesina sphaerocephala</i>	Capitaneja	
<i>Croton ciliatoglandulifer</i>	Palillo	
<i>Euphorbia calyculata</i>	Chupire	
<i>Euphorbia fulva</i>	Palo amarillo	
<i>Ricinos communis</i>	Higuerilla	
<i>Acacia angustissima</i>	Huizache	
<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache	
<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache	
<i>Mimosa biuncifera</i>	Uña de gato	
<i>Prosopis sp.</i>	Mezquite	
<i>Phoebe arsenei C.K.</i>		
<i>Litsea glaucescens</i>	Laurel	
<i>Cedrela dugessi</i>	Nogalillo	
<i>Diospyros xolocotzii</i>	Zapote blanco	

Fuente: (Catalogo de biodiversidad del Estado de Michoacán SEDUE 2000)

En la zona de la ribera de la presa de la Mintzita, se localizan especies propias de bosque de galería, como son: Sauce (*Salix sp.*), (Fresno (*Fraxinus sp.*), sabino (*Taxodium sp.*) y algunas especies introducidas como eucaliptos.

**TABLA IV.6 PRINCIPALES ESPECIES REPORTADAS DE FLORA ACUÁTICA REPORTADA EN LA PRESA LA MINTZITA**

Nombre científico	Nombre común	Vegetación dulceacuícola
<i>Elodea nuttalli</i>	Elodea	
<i>Scirpus validus vahl</i>	Tule	
<i>Phragmites comunis</i>	Carrizo	
<i>Sagitaria latifolia</i>	Flecha de agua	
<i>Pistia stratiotes L.</i>	Lechuga de agua	
<i>Callitriche heterophyla Pursh</i>		
<i>Roripp nasturtium aquaticum</i>	Berro	
<i>Hydromystria laevigata</i>	Orejilla	
<i>Lemma gibba L.</i>	lentejilla	
<i>Ludwigia peploides</i>	Verdolaga de agua	
<i>Eichhornia crassipes</i>	Lirio acuático	
<i>Eichhornia azurea</i>	Lirio o ninfa	
<i>Heteranthera peduncularis</i>	Planta de agua	
<i>Heteranthera reniformis</i>	Patito	
<i>Juncusspp. L.</i>	Junco	
<i>Typha latifolia L.</i>	Tule	
<i>Nymphaea mexicana</i>	Nenúfar	
<i>Potamogeton pectinatum</i>	Pastos sumergidos	
<i>Ceratophyllum dermesum</i>	Cola de zorra	
<i>Eleocharis montevidensis</i>		
<i>Scirpus americanus</i>		

Fuente: Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes; Instituto de Biología, UNAM 1998.

#### IV.2.2.2 Fauna

El crecimiento de las poblaciones tanto en el área rural como urbana, han sido la causa de la desaparición de diversas especies, debido a la destrucción de sus hábitats, situación que ha mermado las poblaciones silvestres de flora y fauna.

**TABLA IV.7 PRINCIPALES ESPECIES REPORTADAS DE FAUNA PARA EL MUNICIPIO DE MORELIA**

	Nombre científico	Nombre común	Observaciones
<b>Anfibios</b>	<i>Ambystoma amblycephalum</i>	Salamandra	Sujeta a protección especial posiblemente extinto en Michoacán endémica a México.
	<i>Ambystoma ordinarium</i>	Salamandra michoacana	Sujeta a protección especial endémica a Michoacán.
	<i>Bufo compactilis</i>	Sapo	

(Continúa)

(Continuación)

	<i>Hyla arenicolor</i>	Ranita de cañada	
	<i>Hyla eximia</i>	Ranita de montaña	
	<i>Eleutherodactylus augusti</i>	Ranita de hojarasca	
	<i>Hypopachus variolosus</i>	Rana ovejera	
	<i>Spea multiplicata</i>	Sapito de espuelas	
<b>Reptiles</b>	<i>Phituophis deppei deppei</i>	alicante	Amenazada Endémica
	<i>Rhadinaea hesperia</i>	Culebra rayada occidental	Rara Endémica
	<i>Sibon fasiata guerreroensis</i>	Culebra anillada	
	<i>Lampropeltis triangulum</i>	Falsa coralillo	Amenazada
	<i>Masticophis taeniatus</i>	Culebra látigo rayada	
	<i>Thamnophis spp.</i>	Culebra de agua	Amenazada
	<i>Conopsis nasus</i>	Culebra de tierra	
	<i>Toluca lineada lineata</i>	Toluqueña rayada	
	<i>Storeira storeirioides</i>	Culebra parda	Rara
	<i>Thamnophis melanogaster</i>	Culebra de agua	Amenazada
	<i>Ramphotypholops braminus</i>	Culebra ciega	
	<i>Crotalus polystictus</i>	Cascabel acuática	Sujeta a protección especial
	<i>Thamnophis pulchrilatus</i>	Jarretera de tierras	Amenazada
	<i>Kinosternon integrum</i>	Casquito	Sujeta a protección especial
	<i>Sceloporus aenus</i>	Llanerita	
	<i>Sceloporus dugesi</i>	Ticuini	
<i>Sceloporus grammicus</i>	Chinete de mezquite común	Rara	
<i>Sceloporus torcuatus</i>	Rápido barrado		
	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Aves</b>	<i>Podilymbus podiceps</i>	Zambullidor piquigrueso	
	<i>Ixobrychus exilis</i>	Garcita de tular	
	<i>Ardeola striata</i>	Garcita oscura	
	<i>Ardea herodias</i>	Garzon cenizo	
	<i>Ardea alba</i>	Garzon blanco	
	<i>Ardea thula</i>	Garza dedos dorados	

Fuente: Catalogo de la Biodiversidad de Michoacán SEDUE 2000

(Continúa)

<i>Ardea tricolor</i>	Garza vientriblanca	
<i>Bubulcus ibis</i>	Garza ganadera	
<i>Nycticorax violaceus</i>	Garza nocturna	
<i>Plegadis chihi</i>	Ibis oscuro	
<i>Cathartes aura</i>	Aura común	
<i>Coragyps atratus</i>	Carroñero común	
<i>Elanus leucurus</i>	Milano coliblanco	
<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguililla cola roja	Protección especial
<i>Accipiter cooperi</i>	Gavilán de cooper	Amenazada
<i>Circus cyaneus</i>	Aguililla rastrera	Amenazada
<i>Polyborus cheriway</i>	Caracará común	
<i>Falco columbarius</i>	Halcón esmerejón	
<i>Falco sparverius</i>	Halcón cernícalo	
<i>Yigery virginianus</i>	Codorniz norteña	En peligro de extinción
<i>Grus canadensis</i>	Grulla gris	Protección especial
<i>Rallus elegans</i>	Ralo barrado	En peligro de extinción
<i>Rallus limicola</i>	Ralo barrado	Protección especial
<i>Porzana carolina</i>	Ralo barrado grisáceo	
<i>Yigery americana</i>	Gallareta americana	Protección especial
<i>Jacana spinosa</i>	Jacana centroamericana	
<i>Capella gallinago</i>	Agachona común	
<i>Numenius americanus</i>	Zarapito piquilargo	
<i>Catoptrophorus semipalmatus</i>	Pihuihui	
<i>Limnodromus griseus</i>	Costurero marino	
<i>Limnodromus scolapaceus</i>	Costurero de agua dulce	
<i>Erolia minutilla</i>	Playerito	
<i>Steganopus tricolor</i>	Falaropo piquilargo	
<i>Recurvirostra americana</i>	Avoceta piquicurva	
<i>Himantopus mexicanus</i>	Avoceta piquirrecta	
<i>Larus delawarensis</i>	Gaviota	
<i>Hydroprogne caspia</i>	Golondrina grande piquirroja	
<i>Sterna forsteri</i>	Golondrina	
<i>Chlidonias íger</i>	Golondrina negruzca	
<i>Anas platyrhynchos</i>	Pato de collar	Amenazada

(Continúa)

<i>Anas americana</i>	Pato chalcuan	
<i>Anas acuta</i>	Pato golondrino común	
<i>Anas carolinensis</i>	Cerceta alioscura	
<i>Anas discors</i>	Cerceta aliazul clara	
<i>Anas clypeata</i>	Pato cucharón	
<i>Aythya affinis</i>	Pato boludo	
<i>Zenaida carolinensis</i>	Paloma huilota	
<i>Scardafella inca</i>	Tortola colilarga	
<i>Columbina passerina</i>	Tortolita pechipuntheadada	Amenazada
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero pisuy	Probablemente extinta
<i>Tyto alba</i>	Lechuza de campanario	
<i>Otus trichopsis</i>	Tecolote rítmico	
<i>Bubo virginianus</i>	Búho cornado americano	Amenazada
<i>Speotyto cunicularia</i>	Tecolote zancón	
<i>erticales saxatalis</i>	Vencejo pechiblanco	
<i>Cynanthus latirostris</i>	Colibrí latirostre	Protección especial
<i>Archilochus erticale</i>	Colibrí rorjinegro	
<i>Megaceryle ertic</i>	Martín pescador norteño	
<i>Centurus uropygialis</i>	Carpintero pechileonado desértico	
<i>Centurus aurifrons</i>	Carpintero pechileonado común	
<i>Empidonax wrightii</i>	Empidonax	
<i>Empidonax pusillus</i>	Empidonax	
<i>Sayornis nigricans</i>	Mosquero negro	
<i>Sayornis saya</i>	Mosquero llanero	
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Mosquero cardenalito	
<i>Myiarchus cinerascens</i>	Papamoscas copeton	
<i>Myiarchus nuttingi</i>	Papamoscas copeton	
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis bienteveo	
<i>Megarhynchus pitangua</i>	Luis piquigrueso	
<i>Tyrannus erticales</i>	Tirano palido	
<i>Tyrannus vociferans</i>	Tirano gritón	
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical	

(Continúa)

<i>Tachycineta thalassina</i>	Golondrina cariblanca	
<i>Tachycineta bicolor</i>	Golondrina canadiense	
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina rojicafa	
<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina tijereta	
<i>Hirundo albifrons</i>	Golondrina risquera	
<i>Corvus corax</i>	Cuervo grande ronco	
<i>Lanius ludovicianus</i>	Verdugo americano	
<i>Cistothorus elanosis</i>	Troglodita pantanera piquilarga	
<i>Cistothorus elanosis</i>	Troglodita pantanera piquicorta	
<i>Campylorhynchus brunneicapillum</i>	Matraca desértica	
<i>Campylorhynchus jocosum</i>	Matraca balseña	
<i>Troglodytes domesticus</i>	Troglodita continental	
<i>Troglodytes bewickii</i>	Troglodita colinegra	
<i>Thryothorus felix</i>	Troglodita feliz	Protección especial
<i>Catherpes mexicanus</i>	Troglodita saltapared	
<i>Salpinctes obsoletus</i>	Troglodita saltarroca	Amenazada
<i>Mimus polyglottos</i>	Centzontle aliblanco	
<i>elanosis caerulescens</i>	Mulato común	Amenazada
<i>Toxostoma curvirostre</i>	Cuitlacoche común	
<i>Turdus rufopalliatus</i>	Zorzal dorsicanelo	Protección especial
<i>Catharus aurantiirostris</i>	Zorzalito piquinaranjo	
<i>Polioptila caerulea</i>	Perlita piis	
<i>Regulus calendula</i>	Reyezuelo sencillo	Peligro de extinción
<i>Anthus rubescens</i>	Bisbita de agua	
<i>Ptilogonys cinereus</i>	Capulínero gris	
<i>Vireolanius melitophrys</i>	Vireo pechicastaño	
<i>Vireo solitarius</i>	Vireo anteojillo	Protección especial

(Continúa)

(Continuación)

<i>Vireo gilvus</i>	Vireo gorgeador norteño	Protección especial
<i>Helminthophila celata</i>	Chipe celato	
<i>Helminthophila ruficapilla</i>	Chipe gorrigris ventriamarillo	
<i>Parula americana</i>	Chipe azul-olivo	
<i>Dendroica petechia</i>	Chipe amarillo norteño	
<i>Dendroica coronata</i>	Chipe grupidorado común	Amenazada
<i>Seiurus noveboracensis</i>	Chipe suelero gorrijaspeado	
<i>Oporornis tolmiei</i>	Chipe cabecigris	Amenazada
<i>Geothlypis trichas</i>	Mascarita norteña	
<i>Geothlypis poliocephala</i>	Mascarita piquigruesa	
<i>Wilsonia pusilla</i>	Chipe coroninegro	
<i>Setophaga ruficilla</i>	Pavito migratorio	
<i>Icteria virens</i>	Chipe piquigrueso	
<i>Euphonia apatero ima</i>	Eufonia gorriazul	
<i>Piranga rubra</i>	Tangara roja migratoria	
<i>Piranga ludoviciana</i>	Tangara aliblanca migratoria	
<i>Pheucticus melanocephalus</i>	Picogrueso pechicafe	
<i>Linaria caerulea</i>	Picogrueso azul	
<i>Linaria amoena</i>	Colorín aliblanco	
<i>Linaria versicolor</i>	Colorín oscuro	
<i>Volatinia jacarina</i>	Semillerito brincador	
<i>Pipilo chlorurus</i>	Rascador migratorio	
<i>Pipilo fuscus</i>	Rascador pardo	
<i>Melospiza kieneri</i>	Rascadorcito coronirrufo	
<i>Pooecetes gramineus</i>	Gorrion apatero coliblanco	
<i>Chondestes grammacus</i>	Gorrion arlequin	
<i>Spizella passerina</i>	Gorrion coronirrufo cejiblanco	
<i>Spizella pallida</i>	Gorrion indefinido rayado	

(Continúa)

<i>Aimophila superciliosa</i>	Gorrión cachetioscuro serrano	
<i>Aimophila botteri</i>	Gorrión de botteri	
<i>Zonotrichia leucophrys</i>	Gorrión gorriblanco	
<i>Melospiza lincolni</i>	Gorrión de lincoln	
<i>Melospiza georgiana</i>	Gorrión coronirrofo pantanero	
<i>Melospiza melodia</i>	Gorrión melodico	Peligro de extinción
<i>Sturnella magna</i>	Pradero tortilla-con-chile	
<i>Xanthocephalus xanthocephalus</i>	Tordo cabeciamarillo	
<i>Agelaius phoeniceus</i>	Tordo sargento	
<i>Icterus pustulatus</i>	Bolsero pustulato	Protección especial
<i>Icterus galbula</i>	Bolsero migratorio norteño	
<i>Icterus parisorum</i>	Bolsero parisino	
<i>Icterus wagleri</i>	Bolsero de wagler	
<i>Icterus cucullatus</i>	Bolsero cuculado	
<i>Euphagus cyanocephalus</i>	Tordo ojiclaro	
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mexicano	
<i>Molothrus ater</i>	Tordo cabecicáfe	
<i>Passer domesticus</i>	Gorrión domestico	
<i>Carduelis pinus</i>	Jilguero pinero rayado	Protección especial
<i>Carduelis notatus</i>	Jilguero encapuchado	
<i>Carduelis psaltria</i>	Jilguero dorsioscuro	
<i>Carpodacus mexicanus</i>	Carpodaco domestico	
<i>Coccothraustes abeillei</i>	Picogordo sureño	

Fuente: Listado de aves de Michoacán UMSNH Biol. Francisco Méndez, Biol. José Fdo. Rodríguez



	Nombre científico	Nombre común	Observaciones
<b>Mamíferos</b>	<i>Canis latrans</i>	Coyote	Amenazada
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	Amenazada
	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache	
	<i>Marmosa canescens</i>	Tlacuachín	
	<i>Cryptotis goldmani</i>	Musaraña	Rara
	<i>Cryptotis parva</i>	Musaraña	Rara
	<i>Sorex oreopolus</i>		
	<i>Sorex saussurei</i>		
	<i>Sorex vagrans</i>		
	<i>Peropteryx macrotis</i>	Murciélago	
	<i>Balantiopteryx plicata</i>		
	<i>Pteronotusparnellii</i>		
	<i>Mormoops megalophylla</i>		
	<i>Macrotus waterhousii</i>		
	<i>Micronycteris silvestris</i>		
	<i>Anourageofroyi</i>		
	<i>Choeronycteris mexicana</i>		
	<i>Glossophaga mexicana</i>	Murciélago	Rara
	<i>Glossophaga morenoi</i>		
	<i>Leptonycteris nivalis</i>		Rara
	<i>Leptonycteris curazonae</i>		
	<i>Dermanura azteca</i>		
	<i>Artibeus intermedius</i>	Murciélago	
	<i>Eptesicus serotinus (fuscus)</i>		
	<i>Lasiurus borealis</i>		Rara
	<i>Lasiurus cinereus</i>		Rara
	<i>Lasiurus xanthinus</i>		
	<i>Myotis auricularis</i>	Murciélago	Rara
	<i>Myotis californicus</i>		
	<i>Myotis carteri</i>		
	<i>Myotis cineriventris</i>		
	<i>Myotis nigricans</i>		
	<i>Myotis thysanodes</i>		
	<i>Myotis velifer</i>		
	<i>Myotis yumanensis</i>		Rara
	<i>Pipistrellus hesperus</i>		Rara
	<i>Cotynorhinus mexicanus</i>		
	<i>Cotynorhinus townsendii</i>		
	<i>Rhogeessa alleni</i>		
	<i>Rhogeessa parvula</i>		Rara
<i>Lonycteris phyllotis</i>			
<i>Antrozous pallidus</i>			

<i>Eumops glaucinus</i>		
<i>Eumops perotis</i>		
<i>Molossus rufus (ater)</i>		
<i>Molossus sinaloae</i>		
<i>Nyctinom. Ps macrotis</i>		
<i>Dasypus novemcinctus</i>	Armadillo	
<i>ylvilagus floridanus</i>	Conejo	Amenazada
<i>Sciurus aureogaster</i>	Ardilla	
<i>Spermophilus variegatus</i>	Ardilla de tierra	Protección especial
<i>Pappogeomys gymnurus</i>	Tuza	Rara
<i>Pappogeomys alcorni</i>		Rara
<i>Pappogeomys tylorhinus</i>		
<i>Thomomys umbrinus</i>		
<i>Perognathus flavus</i>		Amenazada
<i>Oryzomys palustris</i>	Ratón	Amenazada
<i>Oryzomys couesi</i>		
<i>peromyscus aztecus</i>		
<i>peromyscus difficilis</i>		
<i>Peromyscus levipes</i>		
<i>Peromyscus maniculatus</i>		Amenazada
<i>Peromyscus melanophrys</i>		
<i>peromyscus melanotis</i>		
<i>Peromyscus spicilegus</i>		
<i>Peromyscus truei</i>		
<i>Baiomys musculus</i>		Rara
<i>Neotomodon alstoni</i>		
<i>Nelsonia neotomodon</i>		Rara
<i>Neotoma albigula</i>		Amenazada
<i>Reithrodontomys chrysopsis</i>		
<i>Reithrodontomys fulvescens</i>		
<i>Reithrodontomys megalotis</i>		
<i>Reithrodontomys sumichrasti</i>		
<i>Reithrodontomys microdon</i>		Amenazada
<i>Sigmodon fulviventor</i>		
<i>Sigmodon hispidus</i>		
<i>Sigmodon mascotensis</i>		
<i>Microtus mexicanus</i>	Meteorito	Rara
<i>Rattus rattus</i>	Rata gris de casa	
<i>Rattus norvegicus</i>	Rata parda	
<i>Mus musculus</i>	Ratón de casa	
<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle	Amenazada

	<i>Nasua nasua</i>	Tejón	Amenazada
	<i>Mustela frenata</i>	Comadreja	
	<i>Conepatus mesoleucus</i>	Zorrillo de una banda	Rara
	<i>Mephitis macroura</i>	Zorrillo de dos bandas	
	<i>Spilogale putorius</i>	Zorrillo manchado	Amenazada

Fuente: Revista Científica tomo III UMSNH 2003 Mamíferos de Michoacán

#### TABLA IV 8 ICTIOLOGÍA DE LA PRESA LA MINTZITA

Familia	Nombre científico	Observaciones	Condiciones de conservación
Goodeidae	<i>Xenotoca variata</i>	Nativa	
	<i>Skiffia lermæ</i>	Nativa	Amenazada
	<i>Alloophorus robustus</i>	Nativa	
	<i>Goodea atripinnis</i>	Nativa	
	<i>Zoogoneticus quitzeoensis</i>	Nativa	Amenazada
Cyprinidae	<i>Yuriria alta</i>	Nativa	
	<i>Hybopsis calientis</i>	Nativa	
	<i>Cyprinus carpio</i>	Introducida	Amenazada
Catostomidae	<i>Scartomyzum austrinus</i>	Nativa	
Poeciliidae	<i>Poeciliopsis infans</i>	Nativa	
	<i>Poecilia reticulata</i>	Introducida	
	<i>Xiphophorus heckel</i>	Introducida	
Cichlidae	<i>Oreochromys Niloticus</i>	Introducida	

Fuente: Tesis; Estadios y reproducción de *Xenotoca variata* de la presa la Mintzita 2003 Biol. Carlos Ignacio Salazar

Especies exclusivas de la represa: *Goodea atripinnis* y *Alloophorus robustus*.

Especies exclusivas del canal: *Scartomyzum austrinus* y *Xiphophorus helleri*.

Especies distribuidas en ambas: *Zoogoneticus quitzeoensis*, *Skiffia lermæ*, *Xenotoca variata*, *Poecilia reticulata*, *Poeciliopsis infans*, *Hybopsis calientis*, *Yuriria alta*.

Los impactos antropogénicos como la extracción de agua, la contaminación y la introducción de especies exóticas influyen de forma negativa en la composición, distribución y abundancia de la ictiofauna de la Mintzita.

– **Especies de interés comercial.**

No existen en el sitio de estudio.

- **Fauna endémica y/o en peligro de extinción.**

De acuerdo a las especies reportadas para el municipio de Morelia se tiene el reporte de las condiciones de conservación de acuerdo al listado en la NOM-059-SEMARNAT-2000 donde 19 especies rara, 28 amenazadas, 16 sujeta a protección especial, 4 en peligro de extinción y 1 probablemente extinta.

En el Área Natural Protegida se encuentran 3 especies amenazadas de ictiofauna, 1 rara de anfibios, 1 amenazada de reptil, 1 rara, 1 protección especial y 4 amenazadas de aves y 3 raras de mamíferos.

Sin embargo en el sitio donde se desarrollará la obra carece de vegetación original, se encuentra perturbado y en las vecindades de la Papelera (CRISOBA), por lo que presumiblemente estas especies han emigrado hacia otros sitios buscando áreas menos perturbadas.

### **IV.2.3 Paisaje**

Cabe mencionar que el sitio donde se ubicará la planta potabilizadora se encuentra en la vecindad poniente de las instalaciones de (CRISOBA) este sitio ha perdido su valor paisajístico por la infraestructura de la misma y de los terrenos utilizados para el cultivo de maíz principalmente.

El gobierno del estado por medio de la Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente (SUMA) decreto área natural protegida al manantial de la Mintzita, para mantener las áreas de recarga que abastecen a la población de Morelia, por lo que ha promovido el pago de servicios ambientales para que los ejidatarios, dueños de las aproximadamente 419 hectáreas, puedan llevar a cabo acciones de conservación de la flora y fauna.

El manantial de la Mintzita es una de las fuentes más importantes que abastece de agua potable a Morelia, no obstante que desde hace más de 10 años se agudizó su degradación, desde entonces ya buena parte del manantial estaba cubierta por tule y lirio.

Actualmente el manantial presenta agua jabonosa ya que es muy común el lavado de ropa en las orillas. También se puede observar que se extrae agua del manantial para surtirla a la población por medio de pipas. Pero el espectáculo más desolador es la basura que flota sobre el manantial, así como el lirio, que casi se apoderan de toda la superficie del vaso.

Cabe mencionar que también proliferan los asentamientos irregulares, sin embargo en el sitio del proyecto ni en sus vecindades se encuentran asentamientos irregulares.

## IV.2.4 Medio socioeconómico

### IV.2.4.1 Demografía

#### IV.2.4.1.1 Población

En la tabla siguiente se muestra la población histórica para la ciudad de Morelia; Mich. de acuerdo a los censos de población realizados por INEGI, para cada año reportado.

**TABLA IV.9 POBLACIÓN HISTÓRICA**

año	Localidad		Municipio		Estado	
	población	tc	población	tc	Población	tc
1950	63,245		106,722		1,422,717	1.87
1960	104,015	5.10	153,481	3.70	1,851,876	2.67
1970	161,040	4.47	218,083	3.58	2,324,226	2.30
1980	297,544	6.33	353,055	4.94	2,868,824	2.13
1990	428,486	3.71	492,901	3.39	3,548,199	2.15
1995	512,169	3.63	578,061	3.24	3,870,604	1.75
2000	549,996	1.44	620,532	1.43	3,985,667	0.55

Nota: TC = Tasa Media de Crecimiento

Fuente: "Censos de Población y Vivienda, Diversos Años", INEGI

Como se puede observar, del año 1980 al 2000 la población de la ciudad de Morelia se ha incrementado en casi una tercera parte, presentando una tasa de crecimiento mayor a la registrada para el Estado. Esto es importante a fin de considerar la cantidad de agua potable que se debe suministrar para consumo, debido al incremento en la densidad poblacional.

#### - Población económicamente activa y ocupación por sector:

En la tabla IV.10 se muestra la distribución de la población económicamente activa, para la ciudad de Morelia y se consigna la distribución porcentual de dicha población ocupada de acuerdo al sector de actividad, pudiéndose observar que la mayoría de la población económicamente activa se encuentra ocupada dentro del sector terciario o de servicios.

#### - Grupos étnicos

La población mayor de 5 años que habla algún tipo de lengua indígena es la reportada por INEGI dentro incluida en la tabla IV.11.

El grupo étnico predominante es el Purépecha y se estima que la población indígena total ubicada en el municipio asciende a 2,287 habitantes.

**TABLA IV.10 DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA**

CONCEPTO	MORELIA		MUNICIPAL		ESTATAL	
	Población	%	Población	%	Población	%
Pob. Económicamente activa mayor de 12 años	213,392	100.00	233,505	100.00	1,241,449	100.00
Población ocupada	210,297	98.55	230,201	98.59	1,226,606	98.80
Población ocupada sector primario	2,728	1.28	8,041	3.44	290,721	23.42
Población ocupada sector secundario	46,455	21.77	53,742	23.02	304,818	24.55
Población ocupada sector terciario	155,129	72.70	162,010	69.38	598,751	48.23

nte: XII Censo de Población y Vivienda, 2000. INEGI.

**TABLA IV.11 POBLACIÓN MAYOR DE 5 AÑOS QUE HABLA ALGÚN TIPO DE LENGUA INDÍGENA**

ENTIDAD	POBLACIÓN MAYOR DE 5 AÑOS	POBLACIÓN MAYOR DE 5 AÑOS QUE HABLA ALGUNA LENGUA INDÍGENA	%
Morelia	489,942	3,075	0.63
Municipio	551,406	3,301	0.60
Estado	3'479,357	121,849	3.50

Fuente: XII Censo General de Población y Vivienda 2000 INEGI

#### - Salario mínimo vigente

Todo el estado de Michoacán se encuentra dentro de la zona geográfica "C" en donde a partir del 01 de enero de 2006, el salario mínimo asciende a \$45.81 diarios.

#### - Nivel de ingresos

En la tabla IV.12 se reporta la población ocupada según el grupo de ingresos en función del salario mínimo, como se puede apreciar en la ciudad de Morelia el 12.47% de la población recibe menos de un salario mínimo, el 26.12% recibe entre uno y dos salarios mínimos, el 37.5% de la población recibe entre 2 y 5 salarios mínimos y el resto más de 5 salarios mínimos. A pesar de que casi el 40 % de la población recibe hasta 2 salarios mínimos lo que implica que los dos jefes de familia trabajen para alcanzar la canasta básica, se presenta una condición económica mucho mejor que a nivel estatal.

#### - Grado de marginalidad

De acuerdo a la Comisión Nacional de la Población (CONAPO), el grado de marginalidad del municipio de Morelia es bajo (Grado 1).

**TABLA IV.12 DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN OCUPADA POR GRUPOS DE INGRESO POR TRABAJO**

CONCEPTO	MORELIA		MUNICIPAL		ESTATAL	
	Población	%	Población	%	Población	%
<b>Población ocupada</b>	<b>210,267</b>	<b>100.00</b>	<b>230,201</b>	<b>100.00</b>	<b>1,228,608</b>	<b>100.00</b>
Pob. Ocupada que no recibe ingresos	8,470	4.03	11,888	5.16	190,228	12.28
Pob. Ocupada que recibe menos de un salario mínimo	17,757	8.44	20,830	9.08	166,408	13.48
Pob. Ocupada que recibe entre 1 y 2 salarios mínimos	64,838	30.82	82,441	35.81	387,100	31.58
Población ocupada que recibe entre 2 y 5 salarios mínimos	78,017	37.10	83,802	36.40	348,608	28.37
Población ocupada que recibe entre 6 y 10 salarios mínimos	24,670	11.74	25,347	11.01	73,494	5.98
Población ocupada que recibe más de 10 salarios mínimos	11,750	5.59	11,944	5.19	32,283	2.63

Fuente: XII Censo de Población y Vivienda, 2000. INEGI.

#### IV.2.4.1.2 Servicios.

La ciudad de Morelia, Mich. Se clasifica como centro de población con servicios regionales estatales, dentro del Sistema Urbano Integrado del Centro, en el contexto del territorio estatal.

##### - Medios de comunicación.

El municipio de Morelia cuenta con 370 km, de los cuales 91.90 km corresponden a red troncal federal pavimentada, 175.40 km a alimentadoras estatales y 102.70 caminos rurales.

##### - Carreteras

Entre las principales carreteras se encuentran:

Carretera federal No. 15: Une a la ciudad de México, Zitacuaro, Cd. Hidalgo, Morelia, Pátzcuaro, Zacapu, Zamora, Jiquilpan, Sahuayo y Guadalajara.

Carretera federal No. 43: Une a las ciudades de Salamanca y Morelia.

Carretera Federal No. 120: Entra al estado por Zinapécuaro y se dirige al suroeste hasta converger con la No. 37 uniendo en su recorrido a Morelia, Pátzcuaro, Villa Escalante, Ario de Rosales y La Huacana.

Autopista México - Morelia - Guadalajara.

### - Vías férreas

La ciudad se comunica por ferrocarril por medio de la línea México-Maravatio-Uruapan. Une las poblaciones de México, Maravatio, Pátzcuaro, Ajuno, Uruapan para prolongarse hasta Apatzingán y Lázaro Cárdenas.

### - Aeropuertos

Aeropuerto internacional General Ignacio Francisco J. Múgica, con una longitud de pista de 3.4 km localizado en el municipio vecino de Alvaro Obregón, a una distancia de 25 km de la ciudad de Morelia, Mich.

### - Telégrafos

Para el municipio: 4 administraciones y 4 oficinas digitalizadas.

### - Radiodifusoras y T.V.

En el estado de Michoacán se cuenta con 49 estaciones radiodifusoras tipo comercial y 4 tipo cultural, 150 estaciones televisoras de las cuales son 11 locales y 139 repetidoras y en el municipio 10 oficinas de radio y 3 canales de televisión.

### - Oficinas postales

En el municipio existe un total de 219 oficinas postales divididas en 8 administraciones, 1 sucursal, 67 agencias, 83 expendios, 51 instituciones públicas y 9 Mexpost.

### - Servicios Públicos

En la tabla IV.13 se muestra la cobertura de servicios de agua potable, alcantarillado y electricidad existentes en la zona de estudio. Aunado a éstos, la región en estudio cuenta con lo siguiente:

- Energéticos: se encuentra una gasolinera a la salida Morelia-Charo.
- Sistemas de manejo de residuos: El Municipio de Morelia, cuenta con una cobertura del 85% en cuanto a servicio de recolección de residuos sólidos municipales, cuenta con 222 empleados directos y 250 brigadas en tres turnos, se cuenta con 50 unidades recolectoras, 3 barredoras y un servicio concesionado que asciende a más de 500 unidades, mismas que corresponden a diez unidades recolectoras.
- Basurero municipal.
- Centros Educativos

Los centros educativos existentes en el municipio de Morelia se muestran en la tabla IV.14 mientras que en la tabla IV.15 se reporta la infraestructura existente para la zona urbana.



**TABLA IV.13 SERVICIOS PÚBLICOS Y COBERTURA**

VIVIENDAS PARTICULARES	MORELIA		MUNICIPAL		ESTATAL	
	No. De Viviendas	%	No. de Viviendas	%	No. de Viviendas	%
Total de viviendas particulares habitadas	125,385	100.00	139,814	100.00	855,512	100.00
Que disponen de servicio sanitario exclusivo	120,680	96.25	131,806	94.27	724,229	84.65
Que disponen de agua entubada	117,442	93.67	129,200	92.41	699,112	81.72
Que disponen de drenaje	120,717	96.28	128,330	91.79	631,973	73.87
Que disponen de electricidad	123,363	98.39	136,954	97.95	806,949	94.32
Que disponen de agua interior y drenaje	116,160	92.64	123,119	88.06	568,687	66.47
Que disponen de drenaje y electricidad	120,310	95.95	127,783	91.39	625,273	79.03
Que disponen de agua entubada y electricidad	117,049	93.35	128,479	91.89	683,524	79.90
Que disponen de agua, drenaje y electricidad	115,897	92.43	122,782	87.82	564,416	65.97
Que no disponen de ningún servicio	231	0.18	528	0.38	18,169	2.12

Fuente: XII Censo de Población y Vivienda, 2000. INEGI.

**TABLA IV.14 CENTROS EDUCATIVOS, PERSONAL DOCENTE Y ESCUELAS EN EL MUNICIPIO DE MORELIA**

NIVEL AÑO 1999/2000	ALUMNOS INSCRITOS	%	PERSONAL DOCENTE	%	ESCUELAS	%
Morelia	173,417	100.00	7,480	100.00	839	100.00
Preescolar	22,424	12.93	981	13.11	301	35.88
Primaria	93,788	54.08	3,146	42.06	385	45.89
Secundaria	33,066	19.07	1903	25.44	105	12.51
Profesional medio	2,980	1.72	226	3.02	10	1.19
Bachillerato	21,159	12.20	1224	16.36	38	4.53

Fuente: Anuario Estadístico de Michoacán de Ocampo., 2004. INEGI.

**TABLA IV.15 INFRAESTRUCTURA PARA LA EDUCACIÓN EN LA CIUDAD DE MORELIA**

Nivel	Planteles
Preescolar	316
Primarias	398
Secundarias	119
Profesional medio	9
Bachillerato	48
Superior	18

Fuente: Anuario Estadístico de Michoacán de Ocampo, 2004. INEGI

### - Centros de Salud.

En cuanto a servicios de salud la ciudad dispone de clínicas de la secretaría de salud (SSA) y del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Hospital General del IMSS, Hospital General del Instituto de Seguridad Social al Servicio del Estado (ISSSTE), Cruz Roja Mexicana, Hospital Civil y Hospitales y Clínicas particulares. En total la ciudad cuenta con 8 clínicas, 4 clínicas hospitalares, 6 hospitales y 1 unidad de básicos y urgencias.

- Cruz Roja Av. Ventura Puente 270, Tel. 314 5151
- IMSS Av. Madero Pte. 1200, Tel. 312 2880
- ISSSTE Salida a Guanajuato Tel. 312 3013
- Centro Médico, Bartolomé de las Casas 636, Tel. 312 8031
- Clínica Hospital de Dios, Mariano de Jesús Torres 81, Tel. 313 6033
- Hospital Star Medica, Virrey de Mendoza 2000, esq. Camelinas, Tel. 322 7700
- Hospital Memorial, Av Camelinas 2111, Tel. 315 1047, 315 1099
- Hospital de la Salud, Ignacio Zaragoza 276, Tel. 312 0990, 312 9847
- Hospital Clínica Fátima, Ana Maria Gallaga 940 Tel. 312 1212, 312 4088
- Sanatorio de la Luz, Juan Escutia y General Bravo, Tel. 314 4464.
- Sanatorio Cuautla, Cuautla 788, Tel 312 1067
- Sanatorio San Rafael, Av. Ocampo 819, Tel 316 7125.

**TABLA IV.16 POBLACIÓN CON DERECHO A SERVICIOS DE SALUD**

POBLACIÓN TOTAL	MUNICIPIO MORELIA	TOTAL ESTATAL
Poblacion c/derecho a servivios de salud.	281,633	1,045,874
Poblacion c/derecho a IMSS.	445,388	1,076,252
Poblacion c/derecho a ISSSTE	130,575	356,967

Fuente: Anuario Estadístico de Michoacán de Ocampo, 2004. INEGI.

### - Vivienda.

De acuerdo al XII censo General de Población y Vivienda, la ciudad de Morelia cuenta con 124,385 viviendas particulares habitadas, con un índice de hacinamiento de 4.36 ocupantes por vivienda.

El tipo de materiales utilizados en la construcción de viviendas es mayormente a base de muros de tabique, techos resueltos por medio de losas de concreto y pisos recubiertos. En la Tabla IV.17 se reportan los materiales predominantes en la vivienda, tanto para el Estado de Michoacán, como para el Municipio y la ciudad de Morelia.

**TABLA IV.17 MATERIALES PREDOMINANTES EN LA VIVIENDA**

VIVIENDAS PARTICULARES	MORELIA		MUNICIPAL		ESTATAL	
	No. de Viviendas	%	No. de Viviendas	%	No. de Viviendas	%
Total de viviendas habitadas	125,385	100.00	139,814	100.00	855,512	100.00
Viviendas habitadas particulares	124,385	99.20	138,730	0.00%	846,333	98.93
Índice de hacinamiento	4.36		4.41		4.65	
Con paredes de material de desecho o tamiz de cartón	2,001	1.60	2,189	1.57%	8,053	0.94
Con techo de lámina de cartón o material de desecho	8,942	7.13	11,521	8.24%	115,294	13.48
Con pisos recubiertos	118,274	94.33	128,312	91.77%	689,129	80.55
Que utilizan gas	121,834	97.17	131,214	93.85%	651,495	76.15
Que utilizan leña	1,093	0.87	5,930	4.24%	185,824	21.72
Que utilizan carbón	153	0.12	162	0.12%	924	0.11
Que utilizan petróleo	28	0.02	28	0.02%	171	0.02
Con bienes (lavadora, refrigerador, etc)	14511	11.57	14604	10.45%	2,857	0.33
Sin bienes	582	0.46	1,151	0.82%	36,462	4.26

Fuente: XII Censo de Población y Vivienda, 2000. INEGI.

#### - Zonas de recreo.

La ciudad de Morelia cuenta con 17 plazas cívicas, 15 parques con juegos infantiles, 6 parques urbanos, 2 áreas de ferias y exposiciones, 11 cines, 4 teatros, 9 museos, 22 centros sociales, 12 bibliotecas, una casa de cultura y 2 balnearios. Además cuenta con nueve unidades de canchas deportivas, doce gimnasios, tres albercas deportivas, 4 instalaciones para espectáculos deportivos y tres auditorios.

#### IV.2.4.1.3 Actividades.

Morelia es una de las ciudades más importantes del estado, no solamente por ser la capital del estado, sino por las actividades económicas que en ella se desarrollan al ser un centro regional de intercambio comercial considerado como polo de desarrollo de primera magnitud.

Pertenece a la región socioeconómica 03 Región Centro comprendida por 12 municipios. Adicionalmente se ubica dentro de la región 5, denominada Sistema Occidente dentro del contexto de la Estructura Urbana Nacional.

Se encuentra incluida dentro del programa de 100 ciudades

En la tabla siguiente se enlistan las actividades principales y el porcentaje de la población que se dedican a ellas.

**TABLA IV.18 DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN OCUPADA DEL ESTADO DE MICHOACÁN POR PRINCIPALES RAMAS DE ACTIVIDADES**

GRUPOS DE OCUPACIÓN PRINCIPAL	POBLACIÓN OCUPADA (%)
Servicios	38.6
Comercio	26.1
Industria de la Transformación	10.2
Construcción	7.6
Gobierno	8.5
Comunicaciones y Transportes	7.3
Otras ramas	1.7

Fuente: Anuario Estadístico de Michoacán de Ocampo, 2004, INEGI.

**- Agricultura:**

Existe a gran escala la agricultura de temporal y cultivos anuales, aunque también en algunas zonas se practica la agricultura de riego.

Morelia tiene una superficie sembrada de maíz grano que es de 18,142.2 hectáreas, una superficie cosechada de 17,940.2 hectáreas el cual genera un volumen de 30,186.5 toneladas.

**- Explotación Forestal**

La superficie forestal del estado se ubica en el 17º lugar con relación al total Nacional. El estado es una entidad con tradición en actividades forestales y su producción maderable contribuyó en 1995 con el 17% de la producción nacional, con lo cual ocupó el 3º lugar después de los Estados de Durango (31%) y Chihuahua (20%).

La producción forestal genera anualmente de 25 a 30 mil empleos directos e indirectos con una derrama económica de aproximadamente 600 millones de pesos. En la región forestal de Morelia se tenían para el periodo 1998-1999, 108 ha para producción forestal maderable en su mayoría pino y encino. Para 1998, en lo que se refiere a aprovechamientos no maderables (resina de pino), se tenían 39,279 ha de aprovechamientos, llegando a ser la producción anual de 7,788 ton. En la región de Morelia se tienen 257 centros de transformación y almacenamiento. En los bosques de esta subprovincia, se obtienen madera y resinas, tiene una área de 432,336 km<sup>2</sup> tienen condición y cobertura apropiada para ser utilizados comercialmente, aunque las pendientes y la pedregosidad superficial dificultan su extracción.

Las comunidades florísticas tienen aptitud para la explotación maderable y no maderable de carácter doméstico en solo 1,679 km<sup>2</sup>, superficie mucho menor en el norte de la región – 18,786 km<sup>2</sup>, en la cual la vegetación ofrece posibilidades para ser comercializada en forma de postes para cerca, leña, carbón y madera para construcción.

#### - **Actividades Pecuarias:**

El estado cuenta principalmente con ganado bovino, mular, caballar, asnal, porcino, caprino, ovino, apícola y aves. El primer lugar lo ocupa el ganado porcino el cual se ubica principalmente al norte del estado, enseguida le sigue el bovino y las aves.

#### - **Pesca**

En cuanto a pesca se refiere, los cuerpos de agua más cercanos a la ciudad de Morelia en donde se ejerce esta actividad son: El lago de Cuitzeo ubicado a 25 Km de la ciudad, en donde se pescan charales y carpas, y el lago de Pátzcuaro ubicado a 65 km de la ciudad, en donde se pesca charal, lobina negra, y pescado blanco el cual es una especie endémica, que por las condiciones ambientales prevalecientes esta en peligro de extinción.

#### - **Industriales**

El tipo de industria existente es del tipo manufacturera, siendo el desarrollo industrial relegado a la mediana y pequeña empresa.

#### **IV.2.4.1.4 Tipo de Economía.**

La economía característica de la zona es de mercado.

#### **IV.2.4.2 Factores socioculturales**

El factor social, es la principal causa del desarrollo del presente proyecto, ya que es imperativa la recuperación de los cuerpos de agua al evitar su degradación.

#### **IV.2.5 Diagnóstico ambiental**

El origen del área protegida es debido al servicio ambiental que ofrece el área en cuanto a la capacidad de recarga de agua y con ello garantizar el agua del manantial para abastecimiento, por lo que el proyecto no se contrapone a lo estipulado ya que se protege el área para garantizar el abastecimiento y con el proyecto se garantiza la calidad de dicho abastecimiento.

El sitio de estudio en instalaciones se encuentra ocupando casi 2 hectáreas dentro del polígono de las 419-60-64.62 hectáreas decretadas como Área Natural Protegida en enero del 2005, con carácter de zona sujeta a preservación ecológica "Manantial la Mintzita" que cuenta con un valor paisajístico y/o natural, además de que es una zona que sirve como refugio y nidación de fauna silvestre. Los terrenos donde se ubicará la Planta Potabilizadora se trata de un sitio perturbado agreste, en su colindancia poniente se encuentra la papelera CRISOBA, este sitio en la época de lluvias rebasa la represa se desborda y se inundan los terrenos. La vegetación original que guardaba el sitio era la correspondiente a matorral subtropical la cual fue eliminada con anterioridad para dar paso a actividades agrícolas siembra de maíz principalmente.

Actualmente, el manantial presenta un aspecto de abandono y contaminación, son muchos los agentes agresivos y que podrían ocasionar que en algún momento se pierda totalmente el equilibrio natural del lugar. El Área Natural Protegida de el Manantial la Mintzita es una zona de recarga de mantos acuíferos, estos manantiales son la principal fuente de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Morelia y probablemente, la única alternativa que tendría la capital michoacana para atender las necesidades de suministro del vital líquido.

El agua del manantial de la Mintzita, que es subterránea, es de magnífica calidad, pero por desgracia el agua de los cuatro manantiales más importantes del municipio nacen debajo de lagunas. Por ejemplo, el manantial de La Alberca y en el caso de La Mintzita la laguna no es agua del manantial mismo, sino que se forma de escurrimientos de la cuenca superficial de la misma, lo que ocasiona que tanto la basura como la maleza que crece en el lugar le genere ingredientes y principalmente la tierra con la que está formada la laguna, que le aportan al agua sólidos suspendidos, no obstante que desde hace más de 10 años se agudizó su degradación. Desde entonces ya buena parte de la laguna estaba cubierta por tule y en los canales de lirio acuático.

Los pobladores de las comunidades de los alrededores de los manantiales de la Mintzita, sufren de serios problemas de vivienda, empleo, salud y falta de oportunidades, pese a ser una zona que transfiere riqueza a Morelia, ya que proporciona agua dulce para más de 350,000 habitantes. Recientemente, se ha buscado en el área protegida del “Manantial de la Mintzita” establecer un sistema de pago a proveedores de bienes públicos ambientales, como la protección de la biodiversidad, la captura de carbono y la recarga de acuíferos.

De acuerdo al OOAPAS, el agua del Manantial de La Mintzita se suministra a la ciudad de Morelia sin un tratamiento adecuado en detrimento de su calidad para abastecerla a la población.

Cerca de las instalaciones de CRISOBA hacia el noreste del sitio de estudio se encuentra una zona reforestada con eucalipto cerca de 4 has aproximadamente esta vegetación no es propia a la vegetación natural.

Los tipos de suelos en el sitio son muy arcillosos en donde se presentan el Vertisol pelico y Feozem Haplico con características tales que cuando están húmedos son pegajosos y cuando están secos muy duros y se agrietan, pudiendo presentar hundimientos diferenciales. El nivel de las aguas freáticas local se encuentra a 0.50 m de profundidad.

Cabe destacar la ictiofauna de la Mintzita en donde las especies exclusivas de la represa son: *Goodea atripinnis* y *Allophorus robustus*, las especies exclusivas del canal: *Scartomyzum austrinus* y *Xiphophorus helleri*. Y las especies distribuidas en ambas son: *Zoogoneticus quitzeoensis*, *Skiffia lermae*, *Xenotoca variata*, *Poecilia reticulata*, *Poeciliopsis infans*, *Hybopsis calientis*, *Yuriria alta*.

Los impactos antropogénicos como la extracción de agua, la contaminación y la introducción de especies exóticas influyen de forma negativa en la composición, distribución y abundancia de la ictiofauna de la Mintzita.

Dentro del sitio no se encuentra asentamiento humano alguno.

Al no realizarse el proyecto de la Planta Potabilizadora de la Mintzita la calidad de agua que llega a los pobladores de la ciudad de Morelia, e incluyendo los factores antes mencionados como son los antropogénicos cada vez se ira agudizando la problemática del sitio y el agua que es enviada será esta de una menor calidad afectando la salud poblacional.

IV	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.....	IV-1
IV.1	DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	IV-1
IV.1.1	Justificación del área de estudio.....	IV-1
IV.1.2	Dimensiones del proyecto, distribución de obras y actividades a desarrollar.....	IV-2
IV.1.3	Factores Sociales.....	IV-3
IV.1.4	Usos de suelo.....	IV-3
IV.2	CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL.....	IV-4
IV.2.1	Aspectos abióticos.....	IV-4
IV.2.2	Aspectos bióticos.....	IV-16
IV.2.3	Paisaje.....	IV-28
IV.2.4	Medio socioeconómico.....	IV-29
IV.2.5	Diagnóstico ambiental.....	IV-37



## **V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.**

En esta sección se desarrollará la parte medular del estudio de impacto ambiental, se procederá a identificar y evaluar los impactos ambientales que serán generados en cada una de las etapas del proyecto.

### **V.1 METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES**

#### **V.1.1 Indicadores de impacto**

A partir del conocimiento del proyecto, las acciones que se ejecutarán en las diferentes etapas, los equipos y materiales a utilizar, la concentración de personal, entre otros, se procedió a relacionarlos con los factores ambientales que determinarán el efecto de las acciones a ejecutar sobre ellos y de esta manera establecer los indicadores pertinentes que permitan evaluar ambientalmente el proyecto.

Se procedió a realizar un listado simple para verificar la existencia o ausencia de impactos, así como la interrelación existente con las actividades por desarrollar, dando origen a la Tabla V.1 A partir de ésta tabla se procedió a evaluar la interacción existente entre las actividades por desarrollar y los 12 factores ambientales analizados, con un total de 45 parámetros susceptibles de impacto.

La identificación de impactos susceptibles de ocurrir, se agruparon las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

#### **V.1.2 Lista indicativa de indicadores de impacto**

A continuación se señala la lista de indicadores considerada en el presente trabajo, así como la correspondiente a las actividades del proyecto que inciden en dichos factores ambientales.

**A. EDAFOLOGÍA**, incluyendo la Eliminación de la capa del suelo, los procesos erosivos, el movimiento de tierras, la estabilidad y la calidad del suelo.

**B. USO DEL SUELO**, considerando que aunque no existe afectación por la realización de las obras en este rubro, si será necesario regularlo para evitar que la población invada zonas federales o se asiente en zonas de riesgo alrededor de la planta potabilizadora.

**C. RECURSOS HIDRAULICOS**, El proyecto impactará benéficamente en la calidad de las aguas, ya que eliminara la actual contaminación, afectará el drenaje superficial.

**D. CALIDAD DEL AIRE**, La calidad del aire se relacionará con el tipo de maquinaria existente durante la realización de las obras, así como por la generación de olores derivada de una gestión inadecuada de residuos o deficiencia en la operación. Así como la generación de aerotransportarles y partículas suspendidas totales.

**E. CLIMA**, El clima se relacionó con el microclima, cambio de temperatura en el lugar por la

eliminación de la vegetación existente En este caso los intemperismos son de vital importancia puesto que contribuirán al atraso de las obras y en la operación a la gestión adecuada de los lodos.

**F. SERVICIOS MUNICIPALES**, el proyecto incidirá directamente en el sistema de alcantarillado ya que se requerirá la ampliación de éste y la construcción del emisor, también en el sistema de recolección de residuos municipal, así como en el suministro de energía eléctrica.

**G. MEDIO BIOLÓGICO**, los indicadores de impacto seleccionados serán para la vegetación: pérdida de especies nativas; especies en estatus es preciso mencionar que no se tiene reportadas en donde se desarrollarán las obras; daño a vegetación existente ya que será necesario eliminar la vegetación dentro del área hidráulica de las corrientes superficiales; y repoblación. Para la fauna se consideraron la nidificación, especies en estatus y desplazamiento.

**H. GEA**, se consideraron la estabilidad y la erosionabilidad, la morfología como los factores de estudio ya que el relieve se afectará de manera mínima.

**I. SISTEMA DE TRANSPORTE**, en cuanto a este rubro se considera la utilización de Autobuses, microbuses, colectivos, Camiones de carga, para el desarrollo de las obras. También la afectación que estas tendrá sobre la conservación de vialidades, la seguridad vial y el incremento de tráfico en su caso.

**J. RUIDO Y VIBRACIÓN**, el ruido y vibración se relacionará directamente con el ambiente urbano y se relacionará con las obras a ejecutar, el equipo y maquinaria a utilizar, su relación dentro del sitio de generación como la afectación que pudiera ocasionar externo a éste.

**K. ESTÉTICA**, las obras se desarrollaran en un sitio que no presenta ningún valor paisajístico, solamente se considera la afectación que las obras inciden en el paisaje existente.

**L. ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD**, los sitios donde se desarrollarán las obras no son utilizados por la población como zonas de recreo, reunión o de valor arqueológico o cultural, la Infraestructura y servicios los cuales aumentarán por la realización de las obras, empleo, economía local, salud poblacional siendo esta el mayor impacto benéfico que traerá la realización de las obras propuestas junto con la calidad de vida de la población al eliminar la contaminación existente de los cuerpos de agua.

### V.1.3 Criterios y metodologías de evaluación

#### V.1.3.1 Criterios

Los criterios de valoración de los impactos que se aplican al presente estudio se presentan a continuación agrupados de acuerdo a sus características principales.

**Por la variación de la calidad ambiental:**

- Impacto positivo: Es aquel que se traduce en unas mejoras en el medio natural, socioeconómico o cultural.
- Impacto negativo: Aquel impacto que se traduce como una pérdida de valor naturalístico, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica o en aumento de perjuicios derivados de la contaminación, de la erosión y demás riesgos ambientales en discordancia con la estructura ecológico-geográfica, el carácter y personalidad de una zona determinada. Cabe aclarar que la identificación de un impacto adverso no significa la certeza de su ocurrencia, sino que sobre éstos deberán tomarse medidas preventivas y mitigantes para eliminar o al menos reducir sus consecuencias negativas en caso de que se llegaran a presentar.

**Por la relación causa del impacto y el efecto producido:**

- Impacto directo: El efecto tiene una incidencia inmediata en algún factor ambiental.
- Impacto Indirecto o secundario: Aquel cuyo efecto supone una incidencia inmediata respecto a la interdependencia o en general a la relación de un factor ambiental con otro.

**Por la persistencia de las consecuencias del impacto:**

- Impacto temporal: Aquel impacto cuyo efecto supone alteración no permanente en el tiempo, con un plazo temporal de manifestación que puede determinarse. Si su efecto es menor a un año se llama fugaz; si dura entre 1 y 3 años, temporal y si persiste entre 4 y 10 años recibe el nombre de Pertinaz.
- Impacto permanente: Supone una alteración indefinida en el tiempo, es decir aquel impacto que permanece en el tiempo. (Se considera permanente aquel efecto con duración mayor a 10 años).

**Por la extensión del área que sufre el impacto:**

- Impacto puntual: Se define cuando la acción impactante produce un efecto muy localizado.
- Impacto parcial: Se define como aquél cuyo efecto supone una incidencia apreciable en el medio. El área de afectación puede corresponder a valores inferiores al 60% de la extensión del área considerada.
- Impacto extenso: Su efecto se detecta en una gran parte del medio considerado.
- Impacto total: Aquel cuyo efecto se manifiesta de manera generalizada en todo el entorno considerado.
- Impacto de ubicación crítica: Se define como aquél en que la situación en que se produce el impacto sea crítica. Normalmente ocurre en impactos puntuales.

**TABLA V.1 MATRIZ DE INTERACCIÓN ENTRE LAS ACTIVIDADES POR REALIZAR Y LOS FACTORES AMBIENTALES (Continúa)**

CATEGORÍAS AMBIENTALES	ACTIVIDADES													ETAPA DE AFECTACIÓN (1) Preparación del sitio (2) Construcción (3) Operación y (4) Mantenimiento			
	Concentración de personal	Equipo y maquinaria de construcción	Afectación superficial existente (asfalto, eliminación pavimento)	Excavaciones	Bancos de materiales	Nivelación y compactación	Cimentaciones	Estructuras	Electrificación	Abastecimiento de materiales	Cerca perimetral con estructuras especiales	Derrame o fugas de sustancias químicas	Generación y manejo de residuos		Señalización	Operación	Mantenimiento
<b>A. EDAFOLOGIA</b>																	
1. Eliminación de la capa del suelo																	1
2. Procesos erosivos																	1
3. Movimiento de tierras																	1
4. Estabilidad																	1
5. Calidad del suelo																	1, 2, 3 y 4
<b>B. USO DEL SUELO</b>																	
1. Espacio abierto																	
2. Recreativo																	
3. Agrícola																	
4. Forestal																	
5. Habitacional																	
6. Comercial																	
7. Industrial																	
<b>C. RECURSOS HIDRAULICOS</b>																	
1. Alteración en la infiltración natural																	1 y 2
2. Alteración en la calidad del agua																	1, 2, 3 y 4
3. Drenaje superficial																	1 y 2
4. Alteración en la recarga del acuífero																	1 y 2
<b>D. CALIDAD DEL AIRE</b>																	
1. Óxidos (azufre, carbono, nitrógeno)																	1, 2, 3 y 4
2. Partículas suspendidas totales																	1, 2, 3 y 4
3. Químicos																	3 y 4
4. Olores																	1, 2, 3 y 4
5. Gases																	1, 2, 3 y 4
<b>E. CLIMA</b>																	
1. Microclima																	1 y 2
2. Temperatura																	1 y 2
3. Humedad relativa																	1 y 2
4. Dirección de vientos																	
5. Intemperismos																	
<b>F. SERVICIOS MUNICIPALES</b>																	
1. Escuelas																	
2. Policía																	
3. Protección contra incendios																	
4. Sistema de abastecimiento de agua																	
5. Sistema de alcantarillado																	
6. Sistema de manejo de residuos sólidos																	1, 2, 3 y 4
7. Sistema de electrificación y alumbrado																	

**TABLA V.1 MATRIZ DE INTERACCIÓN ENTRE LAS ACTIVIDADES POR REALIZAR Y LOS FACTORES AMBIENTALES (Continuación)**

CATEGORÍAS AMBIENTALES	ACTIVIDADES													ETAPA DE AFECTACIÓN (1) Preparación del sitio (2) Construcción (3) Operación y (4) Mantenimiento			
	Concentración de personal	Equipo y maquinaria de construcción	Afectación superficie existente (despalme)	Excavaciones	Bancos de materiales	Nivelación y compactación	Cimentaciones	Estructuras	Electrificación	Abastecimiento de materiales	Cerca perimetral con estructuras especiales	Derrame o fugas de sustancias químicas	Generación y manejo de residuos		Señalización	Operación	Mantenimiento
<b>G. MEDIO BIOLÓGICO</b>																	
1. Flora																	
1.1 Pérdida de especies nativas																	1
1.2 Especies en estatus																	
1.3 Daño a vegetación existente																	1 y 2
1.4 Repoblación																	
2. Fauna																	
2.1 Nidificación																	1
2.2 Especies en estatus																	
2.3 Pérdida de especies																	1
2.4 Áreas de cría																	
2.5 Áreas de reproducción																	
2.6 Desplazamiento y efecto barrera																	1 y 2
<b>H. GEA</b>																	
1. Estabilidad																	1 y 2
2. Erosionabilidad																	1 y 2
3. Morfología																	1
4. Relieve																	1
<b>I. SISTEMA DE TRANSPORTE</b>																	
1. Automóviles																	
2. Autobuses, microbuses, taxis colectivos																	1 y 2
3. Camiones de carga																	1, 2, 3 y 4
4. Conservación de vialidades																	1, 2, 3 y 4
5. Seguridad vial																	1, 2, 3 y 4
6. Tráfico																	1 y 2
<b>J. RUIDO Y VIBRACIÓN</b>																	
1. En el sitio																	1, 2, 3 y 4
2. Externo al sitio																	
<b>K. ESTÉTICA</b>																	
1. Paisaje																	1, 2, 3 y 4
2. Estructuras																	1, 2 y 3
<b>L. ESTRUCTURA COMUNIDAD</b>																	
1. Reubicación																	
2. Movilidad																	
3. Infraestructura y servicios																	3 y 4
4. Recreación																	
5. Empleo																	1, 2, 3 y 4
6. Economía local																	1, 2, 3 y 4
7. Salud poblacional																	1, 2, 3 y 4
8. Salud de los trabajadores																	1, 2, 3 y 4
9. Valor del suelo																	1 y 2
10. Calidad de vida																	3

**Por la interrelación de acciones que producen el impacto y/o efectos producidos:**

- Impacto simple: Se manifiesta sobre un solo componente ambiental, o cuyo modelo de acción es individualizado, sin consecuencias en la inducción de nuevos efectos, ni en la acumulación ni en la de su sinergia.
- Impacto acumulativo: Aquel que al prolongarse en el tiempo la acción del agente inductor, incrementa progresivamente su gravedad, al carecerse de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similar a la del incremento del agente causante del daño.

**Por la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales:**

- Impacto reversible: La alteración puede ser asimilada por el entorno de forma medible, a corto, medio o largo plazo, debido al funcionamiento de los procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio.
- Impacto irreversible: Supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar, por medios naturales, a la situación anterior a la acción que la produce.

**Por la periodicidad de aparición del impacto:**

- Impacto de aparición irregular: Se manifiesta de forma imprevisible en el tiempo y cuyas alteraciones es preciso evaluar en función de una probabilidad de ocurrencia, sobre todo en aquellas circunstancias no periódicas ni continuas, pero de gravedad excepcional.
- Impacto periódico o discontinuo: Aquel que se manifiesta a través de alteraciones irregulares o intermitentes en su permanencia.
- Impacto continuo: Se presenta con una alteración constante en el tiempo, acumulada o no.

**Por el momento en que se manifiesta las consecuencias del impacto:**

- Impacto latente (corto, medio y largo plazo): Su efecto se manifiesta al cabo de cierto tiempo desde el inicio de la actividad que lo provoque, como consecuencia de una aportación progresiva de sustancias o agentes, inicialmente inmersos en un umbral permitido y debido a la acumulación y/o su sinergia, implica que el límite sea sobrepasado, pudiendo ocasionar graves problemas debido a su alto índice de imprevisión. La incidencia puede manifestarse, respectivamente, dentro del tiempo comprendido en un ciclo anual, que se conoce como impacto a corto plazo; antes de cinco años, que se conoce como impacto a medio plazo; o en un periodo superior que se denominará impacto a largo plazo.
- Impacto de momento crítico: Aquél en que el momento en que se origina la acción impactante es crítico, independientemente del plazo de manifestación del impacto.
- Impacto inmediato: Se define como aquél en que el plazo de tiempo entre el inicio de la acción y el de manifestación del impacto es nulo.

**Por el reforzamiento de dos o más efectos:**

- Impacto sin sinergismo o simple: Se manifiesta sobre un solo componente ambiental, o cuyo modelo de acción es individualizado, sin consecuencias en la inducción de nuevos efectos, ni en la acumulación ni en la de su sinergia.
- Impacto sinérgico: Es el que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varios agentes supone una incidencia ambiental mayor que el efecto suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente. Adicionalmente se incluyen aquellos Impactos que al paso del tiempo ocasionan la aparición de otros nuevos. Un efecto puede ser moderadamente o altamente sinérgico de acuerdo a esta interrelación.

**Por la posibilidad de la reconstrucción parcial o total del factor afectado por medio de la intervención humana:**

- Impacto recuperable: Efecto en el que la alteración puede eliminarse por la acción humana, estableciendo las oportunas medidas correctoras, es decir que es el impacto en que la alteración que supone puede ser restituida. Dicha recuperación puede ser de manera inmediata, a medio o largo plazo.
- Impacto mitigable: Efecto en que la alteración puede disminuirse de una manera ostensible, mediante establecimiento de medidas correctivas.
- Impacto irrecuperable: impacto que considera que la alteración del medio o pérdida que supone es imposible de reparar, ya sea por acción natural o por la acción humana.

**Por la intensidad o grado de destrucción del medio:**

- Impacto total: Se define como aquel cuyo efecto se manifiesta como una modificación o destrucción total del medio ambiente, de los recursos naturales, o de sus procesos fundamentales de funcionamiento, que produzca o pueda producir en el futuro repercusiones apreciables en los mismos.
- Impacto notable o muy alto: Aquel cuyo efecto se manifiesta como una modificación del Medio Ambiente, de los recursos naturales o de sus procesos fundamentales de funcionamiento, que produzca o pueda producir en el futuro repercusiones apreciables en los mismos. Expresa una destrucción casi total del factor considerado en el caso en que produzca el efecto.
- Impacto Medio y alto: Aquellos cuyo efecto se manifiesta como una alteración del Medio Ambiente o alguno de sus factores, cuyas repercusiones en los mismos se consideran situadas entre los niveles anteriores y la afectación mínima.
- Impacto mínimo o bajo: Aquel cuyo efecto se expresa una destrucción mínima del factor considerado.

**Por la importancia del efecto de una acción sobre un factor ambiental dado:**

- Impacto ambiental compatible o irrelevante: Aquel cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa prácticas protectoras o correctoras. Tratándose de

impactos benéficos, son los que se presentan de manera inmediata a la actividad que los origina, siendo muy significativos.

Impacto ambiental moderado: Aquel cuya recuperación no precisa prácticas protectoras o correctoras intensivas, y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere de cierto tiempo. Tratándose de impactos benéficos, son los que se presentan cierto tiempo después de realizada la obra o actividad y son poco significativos.

- Impacto ambiental severo: Aquel en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas protectoras o correctoras, y en el que, aun con esas medidas, aquella recuperación precisa un período de tiempo dilatado.
- Impacto ambiental crítico: Aquel cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con el se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras.

### V.1.3.2 Metodologías de evaluación y justificación de la metodología seleccionada

Para poder identificar predecir y evaluar los impactos que generará la construcción de la planta potabilizadora, se aplicaron distintos métodos, como son los procedimientos pragmáticos (Ad Hoc), matrices y listados, resultando un procedimiento adaptativo.

A partir del conocimiento del proyecto, las acciones que se ejecutarán en las diferentes etapas, los equipos y materiales a utilizar, la concentración de personal, entre otros, se procedió a relacionarlos con los factores ambientales que determinarán el efecto de las acciones a ejecutar sobre ellos.

Se formuló una matriz de identificación de impactos, utilizando una técnica de listado simple, incluyendo doce categorías ambientales con un total de 67 parámetros propuestos, en la cual se procedió a identificar la existencia o la ausencia de impacto, tanto en las etapas de preparación del sitio y construcción, como para las etapas de operación y mantenimiento.

Una vez identificados se procedió a su evaluación cualitativa para tomar en cuenta su importancia y afectación que sobre el medio ejerce. A partir de dicha evaluación se procedió a describir cada uno de los factores. Una vez identificadas las acciones y los factores del medio que, presumiblemente, serán impactados por aquellas, se llevo a cabo la evaluación cuantitativa de éstos, siguiendo lo expuesto por Vicente Conesa, se propone que los elementos tipo, o casillas de cruce de la matriz, estarán ocupados por la valoración correspondiente a once características del efecto producido por la acción sobre el factor considerado. Estas once características se señalan en la Tabla V.2.

## V.2 EVALUACIÓN CUALITATIVA DE IMPACTOS GENERADOS

La evaluación cualitativa para la etapa de preparación del sitio y construcción, se muestra en la Tabla V.3, en donde se puede apreciar que el resultado ascendió a 37 impactos detectados, 31 impactos adversos y 5 los impactos positivos detectados y 31 parámetros sin impacto aparente. Mientras que en la etapa de operación y mantenimiento se identificaron 24 impactos detectados, 11 impactos positivos y 13 impactos negativos y 43 parámetros sin impacto aparente como se puede apreciar en las Tablas V.3 y V.4.



Cabe mencionar que para la identificación de impactos susceptibles de ocurrir, se agruparon las etapas de preparación del sitio y construcción, ya que por el tipo de proyecto, van íntimamente relacionadas presentándose impactos similares que pueden ser agrupados puesto que desde el principio existe movimiento de tierras, utilización de materiales, concentración de personal, utilización de maquinaria y equipo de construcción, etc.

En cuanto a la etapa de operación, debido a que no se concibe la operación si no va a la par un buen mantenimiento, se procedió a relacionar las dos etapas para su evaluación.

**TABLA V.2 IMPORTANCIA DEL IMPACTO**

NATURALEZA		INTENSIDAD (i) (Grado de Destrucción)	
- Impacto beneficioso	+ -	- Baja	1
- Impacto perjudicial	-	- Media	2
- Efectos cambiantes	x	- Alta	4
		- Muy alta	8
		- Total	12
EXTENSIÓN (EX) (Área de influencia)		MOMENTO (MO) (Plazo de manifestación)	
- Puntual	1	- Largo plazo (más de 5 años)	1
- Parcial	2	- Medio plazo ( de 1 a 5 años)	2
- Extenso	4	- Inmediato (menos de 1 año)	4
- Total	8	- Crítico	(+4)
- Crítica	(+4)		
PERSISTENCIA (PE) (Permanencia del efecto)		REVERSIBILIDAD (RV)	
- Fugaz (menos de 1 año)	1	- Corto plazo	1
- Temporal (de 1 a 10 años)	2	- Medio plazo	2
- Permanente (más de 10 años)	4	- Irreversible	4
SINERGIA (S) (Regularidad de la manifestación)		ACUMULACIÓN (AC) (Incremento progresivo)	
- Sin sinergismo (simple)	1	- Simple	1
- Sinérgico	2	- Acumulativo	4
- Muy sinérgico	4		
EFECTO (EF) (Relación causa-efecto)		PERIODICIDAD (PR) (Regularidad de la manifestación)	
- Indirecto (secundario)	1	- Irregular o discontinuo	1
- Directo	4	- Periódico	2
		- Continuo	4
RECUPERABILIDAD (MC) (Reconstrucción por medio humano)		IMPORTANCIA (I) $I = \pm 3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC$	
- Recuperable de manera inmediata	1	- Irrelevante	<25
- Recuperable a mediano plazo	2	- Moderado	25-50
- Mitigable o compensable	4	- Severo	50-75
- Irrecuperable	8	- Crítico	>75





Una vez identificados los impactos susceptibles de ocurrir se procederá a su caracterización.

## A. EDAFOLOGÍA

### 1. Eliminación de la capa del suelo

No se removerá la maleza y capa vegetal, a menos de que sea demasiado grande, solo aquellas que constituyan un arbusto o que sean pastos muy grandes. El objeto de conservarlos es que esa vegetación actúa como un geotextil natural como refuerzo del subsuelo.

### 2. Procesos erosivos

En el sitio de estudio se encuentran suelos del tipo Vertisol pelico y Feozem Haplico los cuales tienen por lo general una baja susceptibilidad a la erosión su susceptibilidad a la erosión depende mucho de la topografía de terreno, aunque son pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando están secos.

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción se realizarán despalmes, cortes y excavaciones dependiendo el tipo de estructuras que se construirán.

### 3. Movimiento de tierras

Durante las etapas de preparación del sitio se harán los movimientos de tierra que se requieran de acuerdo al tipo de estructuras que se construirán y de acuerdo al proyecto definitivo de ingeniería que se deberá realizar para la construcción de las instalaciones. Se realizarán nivelaciones, excavaciones, compactaciones y acarreo de materiales.

### 4. Estabilidad

Durante la preparación del sitio y construcción la estabilidad del suelo se verá amenazada al realizar excavaciones y cortes que modifiquen los ángulos de reposo de los materiales.

Los Vertisoles pueden presentar características típicas de suelos expansivos, se caracterizan por las grietas anchas y profundas que aparecen en ellos en la época de sequía además de ser muy duros, pero cuando se encuentran húmedos son barrocos y se anegan en la superficie por tener un drenaje deficiente; aún en terrenos de poca pendiente, pueden presentar deslizamientos cuando se saturan de agua.

Los suelos que se detectaron durante la exploración de los sondeos mixtos del estudio de mecánica de suelos están constituidos principalmente por arcillas y arcillas arenosas de consistencias suaves a semicompactas.

### 5. Calidad del suelo

Dadas las características del proyecto y las alteraciones que éste provocará sobre el suelo, se puede deducir que este factor del medio ambiente tendrá una alteración parcial en todos sus atributos, en los sitios específicos donde se hagan las excavaciones para la construcción de la planta potabilizadora, así como en aquellos en los que se llevará a

cabo la colocación de la tubería del emisor, así como en los lugares de descarga de materiales.

Las áreas que alberguen el equipo y maquinaria de construcción estarán sujetas a un impacto negativo hacia el suelo ya que éste podrá resultar contaminado por el efecto de fugas de combustibles y lubricantes del propio equipo e incluso por derrames accidentales de materiales.

Los sitios que recibirán el producto de la excavación, así como los terrenos que servirán para almacenamiento temporal de material serán impactados adversamente.

También existe la posibilidad de contaminar el suelo por defecación al aire libre y por una disposición inadecuada de residuos sólidos, tanto municipales como los inherentes a la propia construcción. El impacto será temporal.

## **B. USO DEL SUELO**

### **1. Espacio abierto**

La construcción de la planta potabilizadora afectará al espacio abierto, ya que provocará un “Efecto barrera” o sea la separación y ruptura del territorio, sin embargo esto se ha dado con anterioridad al momento de aparecer las instalaciones de CRISOBA la cual se encuentra en la vecindad poniente del sitio de estudio.

### **2. Recreativo**

Aunque el decreto como área natural protegida del manantial de La Mintzita manifiesta que es una zona de interés recreativo y con potencial para actividades ecoturísticas, el sitio que pretende construirse no presenta ninguno de estos valores, máxime que se encuentra colindando con las instalaciones de CRISOBA, es un sitio agreste que fue dedicado a agricultura la cual se dejó de llevar a cabo debido a que son terrenos sujetos a inundación por los escurrimientos del manantial.

### **3. Agrícola**

En la zona se desarrollan actividades agrícolas, los terrenos donde se ubicará la obra en la actualidad se encuentran utilizados por dicha actividad, debido a que actualmente son terrenos sujetos a inundación principalmente en época de lluvias, el efluente de la represa del manantial se desborda de la obra de toma provocando encharcamientos, con la ejecución de las obras del proyecto, al conducir el agua hacia la potabilizadora dicho caudal disminuirá y se evitará que se continúen inundando los terrenos agrícolas aguas abajo de la obra de toma.

### **4. Forestal**

No se provocará impacto en este rubro, ya que el recurso forestal ha sido eliminado prácticamente en su totalidad con anterioridad para albergar actividades agrícolas, y que en la actualidad en algunos de ellos no se lleva a cabo ninguna actividad. En el sitio de estudio no existe ningún árbol y los existentes se encuentran en la ribera de los canales fuera del sitio.

5. Habitacional

Sin impacto aparente

6. Comercial

Sin impacto aparente

7. Industrial

Sin impacto aparente

### C. RECURSOS HIDRAULICOS

1. Alteración en la infiltración natural

Se modificará la escorrentía superficial, debido a las actividades de preparación del sitio como son el desmonte y despalme, la nivelación del terreno requerida por el proyecto, así como por las estructuras de la planta potabilizadora que originarán un área impermeable, afectando la infiltración, aunque hay que considerar que el área que ocupará el proyecto es mínima comparada con la superficie total del decreto del área natural protegida.

Debido a que el nivel de aguas freáticas se encuentra a solamente 0.50 m de la superficie del terreno, es de esperarse que durante las excavaciones y de manera general durante el movimiento de tierras se encuentren superficies inundadas.

2. Alteración en la calidad del agua

Durante la etapa de construcción, existe la posibilidad de contaminar la escorrentía superficial, el suelo y con ello posiblemente los cuerpos de agua, por la inadecuada disposición de residuos, por infiltración o percolación de combustibles derramados accidentalmente y por la práctica de defecación al aire libre, así como por las actividades propias de la construcción como son el despalme, movimiento de tierras, gases de combustión, polvos etc. Estos impactos serían locales y de carácter temporal.

El principal objetivo al operar la planta potabilizadora es ofrecer a la población agua que cumpla con la calidad para consumo humano.

3. Drenaje superficial

Se modificará el drenaje superficial, debido a las actividades de preparación del sitio como son el desmonte y despalme, la nivelación del terreno requerida por el proyecto, así como por las estructuras de la planta potabilizadora.

El tipo de suelo existente en el sitio de estudio (Vertisol pélico) es considerado como moderadamente drenado.

#### 4. Alteración en la recarga del acuífero

Al compactar el terreno y debido a las diferentes estructuras de la planta potabilizadora que recubrirán el suelo, se evitará la infiltración, entorpeciendo el paso del agua hacia el subsuelo.

En el estudio de mecánica de suelos se detecto el nivel de aguas freáticas local a 50 cm.

### D. CALIDAD DEL AIRE

#### 1. Óxidos (azufre, carbono, nitrógeno)

Las fuentes principales de contaminación del aire causadas por motores de combustión proceden de los gases de escape (100% de CO, NO, compuestos de plomo y partículas, 55% HC), pérdidas por evaporación del depósito de combustible y del carburador (20% de HC), pérdidas del cárter del cigüeñal (25% HC), polvo de las ruedas (caucho), forro o guarnición del freno y discos del embrague (amianto).

#### 2. Partículas suspendidas totales

En la etapa de construcción la calidad del aire se verá alterada de una manera adversa y directa, por polvos y partículas suspendidas en el aire, debido al movimiento de tierras, el transporte de materiales y a las obras propias de la construcción. También habrá emisiones a la atmósfera por el equipo de construcción utilizado. Estos impactos tendrán un carácter de temporales.

En la etapa de operación podrá haber generación de aerosoles y partículas suspendidas a causa de los lodos y de las aguas dentro del proceso.

#### 3. Químicos

Para el proceso de tratamiento se requerirá la utilización de productos químicos como son los polímeros y cloro para el sistema de desinfección y debido a que la cantidad de almacenamiento de este último rebasa la cantidad de reporte, se define al proceso como una actividad altamente riesgosa.

#### 4. Olores

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, los olores generados serán debidos a los equipos de construcción, por un mantenimiento inadecuado de letrinas o por un almacenamiento prolongado de residuos.

Durante la operación de la potabilizadora es de esperarse que la producción de olores sea despreciable.

## 5. Gases

Los gases que se generarán, será por motores de combustión procedentes del escape (100% de CO, NO, compuestos de plomo y partículas, 55% HC), del equipo y maquinaria utilizados en las etapas de preparación del sitio y construcción.

Debido a una deficiente gestión de los residuos sólidos principalmente orgánicos podrán existir olores o gases debido a su descomposición.

## E. CLIMA

### 1. Microclima

Al eliminar la cubierta vegetal, el microclima se verá afectado siendo un impacto local y no significativo.

### 2. Temperatura

Se incrementará en el sitio la temperatura debido a la eliminación de la capa vegetal, pero no será significativo.

### 3. Humedad relativa

Durante la etapa de preparación del sitio y construcción al eliminar la vegetación existente existirá una variación en la humedad del ambiente y del suelo.

Durante la operación podrá incrementarse la humedad del sitio debido al almacenamiento de agua.

### 4. Dirección de vientos

Los vientos dominantes son del suroeste - noreste lo cual es un factor importante para el desplazamiento de polvos, aerotransportables y olores, siendo un impacto temporal. Durante la operación se prevé que la generación de olores de la planta potabilizadora sea despreciable.

### 5. Intemperismos

Los intemperismos severos (precipitaciones, granizadas, heladas, tormentas eléctricas, etc.) provocarán, en algunas ocasiones, retrasos en la construcción, modificando las condiciones de planeación de la obra.

Estos eventos constituyen un riesgo durante la etapa de construcción, sobre todo al realizar excavaciones ya que existe el riesgo de inundaciones, además de que las precipitaciones ocasionan el arrastre de material, sedimento y basuras, tanto en la zona de la obra como en partes más bajas. El estancamiento de agua en zanjas y excavaciones y encharcamientos puede convertirse en zonas insalubres desarrollándose moscas y mosquitos entre otros vectores de enfermedades, adicionalmente podrá ser motivo de atrasos en la ejecución de la obra.



Durante la operación en caso de entrar a la potabilizadora mayor caudal del estipulado en el diseño, provocará que el tratamiento sea deficiente.

## F. SERVICIOS MUNICIPALES

### 1. Escuelas

Sin impacto aparente

### 2. Policía

Sin impacto aparente

### 3. Protección contra incendios

Se requerirá ampliar la cobertura de protección contra incendio hasta la zona del proyecto.

### 4. Sistema de abastecimiento de agua

Sin duda alguna el sistema de abastecimiento de agua potable se verá impactado de manera benéfica, al tener mayor caudal de abastecimiento y de mejor calidad. Con lo que se reducirán las tasas de morbilidad de la población por consumo de agua no apta.

### 5. Sistema de alcantarillado

Sin impacto aparente

### 6. Sistema de manejo de residuos sólidos

Se afectará el basurero municipal de Morelia ya que se incrementará el volumen de residuos que alojara.

En cuanto a la recolección de residuos sólidos el sistema municipal no se verá afectado ya que durante la construcción la constructora será la responsable de recolectar, almacenar y trasladar hacia dicho basurero sus residuos generados, o en su defecto realizar los convenios necesarios para su manejo bajo la normatividad aplicable.

Durante la operación, será la propia empresa que opere la planta la responsable de establecer el programa de recolección de residuos y llevar a cabo su gestión adecuada bajo la normatividad aplicable.

### 7. Sistema de electrificación y alumbrado

En las etapas de preparación del sitio y construcción la generación eléctrica requerida será dotada por plantas generadoras de combustión interna.

En la etapa de operación será necesario dotar de energía eléctrica a la planta potabilizadora para lo cual la ingeniería básica cuenta con el proyecto respectivo para suministrarla pasando a formar la infraestructura eléctrica patrimonio de la Comisión Federal de Electricidad aunado a que incrementara el ingreso por el cobro del servicio.

## G. MEDIO BIOLÓGICO

### 1. Flora

#### 1.1 Pérdida de especies nativas

Se puede observar que la vegetación predominante en el sitio de estudio, consiste en un Matorral Subtropical, así como elementos de Bosque de Galería en las orillas del dren del manantial de la Mintzita.

Sin embargo la vegetación original del lugar ha sido eliminada con anterioridad para dar paso a las actividades agrícolas. El proyecto no contribuirá a la pérdida de especies, solamente se eliminará la capa orgánica existente actualmente ocupada por pastos y malezas.

#### 1.2 Especies en estatus

Ninguna especie incluida en la norma NOM-059-SEMARNAT-2001 será afectada por el proyecto.

#### 1.3 Daño a vegetación existente

Se podrá dañar innecesariamente a la vegetación aledaña sobre todo aquella que se encuentra en las riberas de los canales la cual está compuesta principalmente por sauces.

#### 1.4 Repoblación

No se tiene contemplada la repoblación de vegetación en el sitio.

### 2. Fauna

#### 2.1 Nidificación

El impacto se presenta principalmente hacia pequeños roedores que tienen su hábitat en el suelo como madrigueras y/o en huecos que fabrican o que ya existen y que serán afectados por el proyecto.

#### 2.2 Especies en estatus

Ninguna especie incluida en la norma NOM-059-SEMARNAT-2001 será afectada por el proyecto.

#### 2.3 Pérdida de especies

El crecimiento de las poblaciones tanto en el área rural como urbana, han sido la causa de la desaparición de diversas especies, debido a la destrucción de sus hábitats, situación que ha mermado las poblaciones silvestres de flora y fauna.

Como consecuencia del desmonte, despalme y excavación, la fauna que vive en el

área de impacto del proyecto se ahuyentará mientras se realicen las actividades de construcción emigrando a otros lugares menos perturbados. En virtud por la cual la interacción del proyecto sobre este factor del ambiente con sus respectivos atributos se impactarán negativamente de manera poco significativa en el área del proyecto.

#### 2.4 Áreas de cría

Al ubicarse el proyecto en zonas previamente impactadas es presumible que dichas áreas se encuentren fuera del área de influencia de las obras.

#### 2.5 Áreas de reproducción

El proyecto no se ubica en una zona determinada como área de reproducción, sin embargo se pudiera llegar a encontrar refugios y madrigueras.

#### 2.6 Desplazamiento

En la etapa de preparación del sitio y construcción a causa de las obras y de la concentración de personal las especies faunísticas se desplazarán hacia otros sitios aledaños que mantengan las mismas características que el sitio del proyecto en las que están acostumbrados a vivir.

Los organismos propios de represa de La Mintzita pueden verse afectados por la operación de Potabilizadora sobre todo en la obra de toma donde pueden ingresar al proceso.

### **H. GEA**

#### 1. Estabilidad

La composición geológica del predio es a base de roca basáltica de color gris oscuro, en estado muy compacto, la cual se puede encontrar a una profundidad entre 2.8 y 8.8 m.

Durante las excavaciones y cortes la estabilidad de bloques puede verse afectada provocando deslizamientos y fallas provocadas por las propias obras de construcción. Al realizar la excavación tienden a presentarse expansiones del fondo de la misma y desplazamientos laterales de las paredes de la excavación.

#### 2. Erosionabilidad

Durante la preparación del sitio y construcción los taludes y cortes presentarán material que débilmente se adhieren a las paredes del terreno por lo que fácilmente podrán ser arrastrados por escorrentía, por acción del viento o por acción de su peso propio.

Los cortes realizados, en caso de permanecer mucho tiempo expuestos, provocarán la intemperización de sus paredes a causa del viento y efectos meteorológicos.

### 3. Morfología

La afectación solamente será en los sitios donde se lleven acciones que cambien la morfología como nivelaciones, rellenos y corte para lograr los niveles de terreno propuestos en la ingeniería de proyecto ejecutivo.

### 4. Relieve

El terreno en estudio se localiza en una zona plana. En los sitios aledaños los efectos generados podrían ser causados por los vestigios que puedan ser dejados por las obras de construcción.

## I. SISTEMA DE TRANSPORTE

### 1. Automóviles

Se verán afectados de manera mínima, en la etapa de preparación y construcción por la preparación de los caminos de acceso y en la operación en el transporte del personal a la planta.

### 2. Autobuses, microbuses, taxis colectivos

Se verán beneficiados en ambas etapas ya que se requerirá de su servicio para que el personal que labore en la planta llegue al sitio.

### 3. Camiones de carga

Los camiones de carga de la zona se verán beneficiados con el proyecto puesto que se requerirá la contratación para el movimiento de materiales y de tierras.

### 4. Conservación de vialidades

Los caminos de acceso existentes a base de terracerías, se verán beneficiados ya que para transitarlos con seguridad se requiere que estos se encuentren en buen estado por lo que se deberán rehabilitar.

Durante la operación para garantizar la seguridad sobre todo por el abastecimiento del cloro estas deberán de permanecer en óptimas condiciones para abatir la posibilidad de un accidente.

### 5. Seguridad vial

Debido a la concentración de personal y de camiones de carga durante la construcción, es posible que la seguridad vial se vea amenazada, pudiendo existir accidentes, sobre todo que en la zona no están acostumbrados a la existencia continua de vehículos y a la concentración de personal.

## 6. Tráfico

El tránsito de la zona se verá impactado durante las etapas de preparación del sitio y construcción debido a la concentración de personal para realizar los trabajos y a los camiones de carga que transportarán el material a ocupar para la construcción.

## J. RUIDO Y VIBRACIÓN

### 1. En el sitio

En la etapa de construcción existirá generación de ruido y se producirán vibraciones en el sitio de la obra debido al equipo de construcción utilizado. Estas acciones repercutirán en el sitio de la obra así como en los trabajadores involucrados. Durante la operación se considera que la generación de ruido es despreciable. El impacto será localizado y moderado.

### 2. Externo al sitio

No se considera que la generación de ruido provocado por las actividades propias de la construcción y operación afecte fuera del sitio donde se llevan a cabo.

## K. ESTÉTICA

### 1. Paisaje

Se puede considerar que el paisaje debido al crecimiento irregular de los asentamientos humanos, así como al deterioro de la calidad del ecosistema en general, las instalaciones de CRISOBA se encuentra altamente modificado y sin valor paisajístico. El paisaje se verá impactado en la etapa de construcción, debido a la presencia de personal, material y equipo de construcción, con carácter de impacto temporal. Y durante la operación por la aparición de las estructuras de la planta potabilizadora.

### 2. Estructuras

Dentro de este rubro existirá un impacto negativo por Intromisión visual de las estructuras que forman la Planta Potabilizadora, aunque como ya se ha mencionado, el impacto hacia la intromisión visual de estructuras se dió con anterioridad con la construcción de las instalaciones de CRISOBA.

## L. ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD

### 1. Reubicación

No existe impacto detectado.

### 2. Movilidad

Existirá el fenómeno de inmigración laboral hacia la zona del proyecto, lo cual podría repercutir de una manera adversa al presentarse diversas demandas por parte del personal contratado en la obra, tales como el posible establecimiento de comercio

ambulante de alimentos y otros artículos no regulados sanitariamente.

### 3. Infraestructura y servicios

Los servicios que se requieren se reducen a la utilización de sanitarios portátiles, abastecimiento de agua potable para consumo humano y energía eléctrica.

### 4. Recreación

No se tiene registrado ningún tipo de impacto en este rubro

### 5. Empleo

La economía regional se verá beneficiada por la obra ya que generará fuentes de trabajo lo que representa un ingreso para el mantenimiento de la actividad económica de la región.

### 6. Economía local

La obra repercutirá directa y favorablemente en el comercio regional por la compra de los materiales requeridos para la construcción de la obra.

Podrá surgir comercio informal (comida, bebidas, etc.) para satisfacer la demanda de los trabajadores involucrados en la obra.

### 7. Salud poblacional

Aunque el sitio se encuentra retirado de la población, ésta podrá verse afectada en las etapas de preparación del sitio y construcción por el incremento vehicular que se dará en la zona, sobre todo hacia los Itzicuaros, Cointzio y la localidad de la Mintzita.

La calidad del agua del manantial puede verse afectada por una gestión inadecuada de los residuos y de materiales de construcción pudiendo afectar a la salud poblacional.

Durante la operación de la planta potabilizadora, al ser una actividad riesgosa, debida a la utilización del cloro, podrá verse amenazada la salud de los trabajadores principalmente, por los riesgos intrínsecos que conlleva el manejo de esta sustancia.

El proyecto impacta directa mente de manera positiva a la población de Morelia ya que contarán con un mayor caudal de agua potable y de mejor calidad que el que en la actualidad recibe, disminuyendo la probabilidad de enfermedades.

### 8. Salud de los trabajadores

La salud de los trabajadores puede verse amenazada en la etapa de construcción por riesgos de trabajo intrínsecos a la obra. También podrá verse amenazada por la falta de higiene adecuada, así como por consumo de alimentos contaminados y por beber agua de calidad no apta para su consumo.

Durante la operación, adicionalmente, los trabajadores podrán estar sometidos a riesgos contra su salud a causas de un inadecuado manejo de sustancias químicas, especialmente el cloro el cual debe de llevar un manejo especial por considerarse una sustancia peligrosa.

#### 9. Valor del suelo

Previo a la construcción en la obtención de los terrenos que albergan la obra, el valor del suelo puede verse impactado por su encarecimiento, ya que al ser requeridos los terrenos para alojar el proyecto podrá incrementarse el precio de los terrenos.

Es prioritario que la autoridad competente regule el uso de suelo y por ningún motivo permita la construcción de obras aledañas al proyecto el cual como se ha mencionado a lo largo del estudio es compatible con el objetivo inicial de protección al manantial que entre varias cosas es para abastecimiento de agua.

#### 10. Calidad de vida

La calidad de vida se verá impactada de manera positiva ya que el proyecto incide en que ésta pueda acceder a una mejor calidad del agua de consumo, y con el caudal tratado poder abastecer zonas que en la actualidad carecen del servicio, lo que sin duda traería como consecuencia mejores hábitos de higiene y disminución de enfermedades. Con la construcción del proyecto se previenen daños a la salud pública, a través de mejorar y controlar la calidad del agua para consumo humano.

### V.3 EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LOS IMPACTOS GENERADOS

Una vez que se han caracterizado los impactos se procederá a su evaluación de acuerdo a la metodología mencionada en el inciso V.1. dicha evaluación se reporta en las Tablas V.5 y V.6.

Como se puede observar, la mayoría de los impactos negativos se presentan en las etapas de preparación del sitio y construcción, ya que se presentaron en total 37 impactos de los cuales 31 son negativos, 3 son irrelevantes, 26 son moderados y 2 severos y los impactos positivos son 6 y son moderados.

En cambio para la etapa de operación y mantenimiento los impactos negativos presentados son 11, de los cuales 5 son irrelevantes y 6 moderados; mientras que los positivos ascendieron a 13 de los cuales 12 son moderados y 1 severo.

Como se puede observar la mayoría de los impactos son de carácter moderado por lo que de manera global el proyecto causará un **Impacto Moderado**.

Siendo los de mayor importancia en la etapa de preparación y construcción del sitio, debido al tamaño de las instalaciones y la superficie a ocupar, los impactos detectados serán a causa de la eliminación de la capa de suelo, los procesos erosivos y el movimiento de tierras, además alteraciones en la infiltración de agua al subsuelo. El equipo y maquinaria de construcción impactarán directamente a la calidad del aire, ya que existirá generación de emisiones a la atmósfera y ruido en ambas etapas, siendo impactos operacionales.

Como se puede apreciar en la etapa de operación y mantenimiento el manejo de químicos especialmente de cloro pueden alterar enormemente el ambiente en caso de no llevar una gestión adecuada en su manejo. Por lo que es primordial llevar a cabo las medidas de prevención y seguridad correspondientes.

Por otro lado los principales impactos benéficos que se persiguen con la ejecución del proyecto son que contribuye a la salud poblacional con el mejoramiento de la calidad del agua que se abastece a la población y el incremento de volumen para ser abastecido a la población, dando opción de servicio hacia zonas que actualmente no cuentan con el.





**TABLA V.4 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DETECTADOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

CATEGORÍAS AMBIENTALES	CARACTERÍSTICAS DE LOS IMPACTOS																																					
	NAT		EF		PE		EX		AC		RV		PR		MO		S		MC		i																	
	BENEFICO	ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	FUGAZ	TEMPORAL	PERMANENTE	PUNTUAL	PARCIAL	EXTENSIVO	TOTAL	SIMPLE	ACUMULATIVO	CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	IRREVERSIBLE	IRREGULAR	PERIÓDICO	CONTINUO	LARGO PLAZO	MEDIO PLAZO	CRÍTICO	INMEDIATO	SIN SINERGISMO	MUY SINERGICO	SIN SINERGICO	INMEDIATA	MEDIO PLAZO	MITIGABLE	IRRECUPERABLE	TOTAL	MUY ALTA	ALTA	MEDIA	BAJA			
<b>A. EDAFOLOGÍA</b>	+	-	4	1	1	2	4	1	2	4	8	1	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	4	1	2	4	1	2	4	8	12	8	4	2	1			
1. Eliminación de la capa del suelo																																						
2. Procesos erosivos																																						
3. Movimiento de tierras																																						
4. Estabilidad																																						
5. Calidad del suelo		-	4				4	1				1				4	1						4	1					4								1	
<b>B. USO DEL SUELO</b>																																						
1. Espacio abierto																																						
2. Recreativo																																						
3. Agrícola	+		4				4	1				4			4			4				4		2		1									4			
4. Forestal																																						
5. Habitacional																																						
6. Comercial																																						
7. Industrial																																						
<b>C. RECURSOS HIDRAULICOS</b>																																						
1. Alteración en la infiltración natural																																						
2. Alteración en la calidad del agua	+		4				4	1				4			4			4				4		2		1									4			
3. Drenaje superficial	+		4				4	1				4			4			4				4		2		1										4		
4. Alteración en la recarga del acuífero																																						
<b>D. CALIDAD DEL AIRE</b>																																						
1. Óxidos (azufre, carbono, nitrógeno)		-	4		1			1				1		1			1					4	1					4									1	
2. Partículas suspendidas totales		-	4		1			1				1		1			1					4	1					4									1	
3. Químicos		-	4				4	1				1			4	1						4	1					4									1	
4. Olores																																						
5. Gases		-	4				4	1				1			4	1						4	1					4									1	
<b>E. CLIMA</b>																																						
1. Microclima																																						
2. Temperatura																																						
3. Humedad relativa																																						
4. Dirección de vientos																																						
5. Intemperismos		-	4		1			1				1		1			1					4		2				2									2	
<b>F. SERVICIOS MUNICIPALES</b>																																						
1. Escuelas																																						
2. Policía																																						
3. Protección contra incendios				-	1	1			1			1			4	1						4	1					4										1
4. Sistema de abastecimiento de agua	+		4				4	1	2			4			4			4				4		2		1									8			
5. Sistema de alcantarillado																																						
6. Sistema de manejo de residuos sólidos		-	4				4	2				1			4			4				4	1			1											2	
7. Sistema de electrificación y alumbrado	+		4				4	2				4			4			4				4		2		1											2	
<b>G. MEDIO BIOLÓGICO</b>																																						
1. Flora																																						
1.1 Pérdida de especies nativas																																						
1.2 Especies en estatus																																						
1.3 Daño a vegetación existente																																						
1.4 Repoblación																																						
2. Fauna																																						
2.1 Nidificación																																						
2.2 Especies en estatus																																						
2.3 Pérdida de especies																																						
2.4 Áreas de cría																																						
2.5 Áreas de reproducción																																						
2.6 Desplazamiento		-	4				4	2				4			4			4				4		2				4										1
<b>H. GEA</b>																																						
1. Estabilidad																																						
2. Erosionabilidad																																						
3. Morfología																																						
4. Relieve																																						
<b>I. SISTEMA DE TRANSPORTE</b>																																						
1. Automóviles																																						
2. Autobuses, colectivos, taxis	+		4				4	1				1		1			4					4		2		1											4	
3. Camiones de carga	+		4				4	1				1		1			2					4		2		1											4	
4. Conservación de vialidades	+		4				4	1				1		1			2					4		2		1											4	
5. Seguridad vial																																						
6. Tráfico																																						
<b>J. RUIDO Y VIBRACION</b>																																						
1. En el sitio		-	4</																																			

### TABLA V.5 RESUMEN IMPACTOS MATRIZ DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS

**MATRIZ DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS EN LAS ETAPAS DE PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN**

CATEGORÍAS AMBIENTALES	NAT		EVALUACIÓN				
	BENEFICO	ADVERSO	IRRELEVANTE	MODERADO	SEVERO	CRITICO	AUSENCIA DE IMPACTOS
	+	-					
<b>A. EDAFOLOGIA</b>							
2. Procesos erosivos		-		X			
3. Movimiento de tierras		-		X			
4. Estabilidad		-			X		
5. Calidad del suelo		-		X			
<b>B. USO DEL SUELO</b>							
3. Agrícola		-		X			
<b>C. RECURSOS HIDRAULICOS</b>							
1. Alteración en la infiltración natural		-		X			
2. Alteración en la calidad del agua		-		X			
3. Drenaje superficial		-		X			
4. Alteración en la recarga del acuífero		-		X			
<b>D. CALIDAD DEL AIRE</b>							
1. Óxidos (azufre, carbono, nitrógeno)		-		X			
2. Partículas suspendidas totales		-		X			
4. Olores		-		X			
5. Gases		-		X			
<b>E. CLIMA</b>							
1. Microclima		-		X			
2. Temperatura		-		X			
3. Humedad relativa		-		X			
5. Intemperismos		-	X				
<b>G. MEDIO BIOLÓGICO</b>							
1.3 Daño a vegetación existente		-		X			
2.3 Pérdida de especies		-		X			
2.6 Desplazamiento		-		X			
<b>H. GEA</b>							
1. Estabilidad		-			X		
2. Erosionabilidad		-		X			
3. Morfología		-		X			
<b>I. SISTEMA DE TRANSPORTE</b>							
2. Autobuses, colectivos, taxis	+			X			
3. Camiones de carga	+			X			
4. Conservación de vialidades	+			X			
5. Seguridad vial		-	X				
6. Tráfico		-	X				
<b>J. RUIDO Y VIBRACION</b>							
1. En el sitio		-		X			
<b>K. ESTÉTICA</b>							
1. Paisaje		-		X			
2. Estructuras		-		X			
<b>L. EST. COMUNIDAD</b>							
5. Empleo	+			X			
6. Economía local	+			X			
7. Salud poblacional		-		X			
8. Salud de los trabajadores		-		X			
9. Valor del suelo		-		X			
10. Calidad de vida	+			X			
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>31</b>	<b>3</b>	<b>32</b>	<b>2</b>	<b>31</b>	

**MATRIZ DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS EN LA ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

CATEGORÍAS AMBIENTALES			EVALUACIÓN				
	BENEFICO	ADVERSO	IRRELEVANTE	MODERADO	SEVERO	CRITICO	AUSENCIA DE IMPACTOS
	+	-					
<b>A. EDAFOLOGIA</b>							
5. Calidad del suelo		-			X		
<b>B. USO DEL SUELO</b>							
3. Agrícola	+			X			
<b>C. RECURSOS HIDRAULICOS</b>							
2. Alteración en la calidad del agua	+			X			
3. Drenaje superficial	+			X			
<b>D. CALIDAD DEL AIRE</b>							
1. Óxidos (azufre, carbono, nitrógeno)		-		X			
2. Partículas suspendidas totales		-		X			
3. Químico		-			X		
5. Gases		-			X		
<b>E. CLIMA</b>							
5. Intemperismos		-	X				
<b>F. S. SERVICIOS MUNICIPALES</b>							
3. Protección contra incendios		-	X				
4. Sistema de abastecimiento de agua	+				X		
6. Sistema de manejo de residuos sólidos		-			X		
7. Sistema de electrificación y alumbrado	+			X			
<b>G. MEDIO BIOLÓGICO</b>							
2. Fauna							
2.6 Desplazamiento		-		X			
<b>I. SISTEMA DE TRANSPORTE</b>							
2. Autobuses, microbuses, taxis colectivos	+			X			
3. Camiones de carga	+			X			
4. Conservación de vialidades	+			X			
<b>J. RUIDO Y VIBRACION</b>							
1. En el sitio		-	X				
<b>L. ESTRUCTURA COMUNIDAD</b>							
3. Infraestructura y servicios	+			X			
5. Empleo	+			X			
6. Economía local	+			X			
7. Salud poblacional	+			X			
8. Salud de los trabajadores		-		X			
10. Calidad de vida	+			X			
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>43</b>	

**V IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.....V-1**

**V.1 METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES.....V-1**

V.1.1 Indicadores de impacto .....V-1

V.1.2 Lista indicativa de indicadores de impacto .....V-1

V.1.3 Criterios y metodologías de evaluación.....V-2

**V.2 EVALUACIÓN CUALITATIVA DE IMPACTOS GENERADOS .....V-8**

**V.3 EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LOS IMPACTOS GENERADOS .....V-23**

## VI MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

En este capítulo se darán a conocer el diseño y la aplicación de las medidas, acciones y políticas a seguir para prevenir, eliminar, reducir y compensar los impactos adversos que el proyecto pueda provocar en cada etapa de su desarrollo.

Las medidas de mitigación propuestas en el presente capítulo deberán ser consideradas desde el inicio del proyecto. El OOAPAS junto con las empresas que participen en las acciones de preparación del sitio y construcción necesarios para llevar a cabo la construcción del proyecto y posteriormente con la encargada de llevar adecuadamente la operación de la planta, serán los responsables de por lo menos conservar la calidad ambiental en el estado inicial del desarrollo. Deberán conocer las leyes, reglamentos, normas oficiales mexicanas y demás disposiciones oficiales en materia de protección ambiental, con el fin de evitar al máximo los impactos adversos derivados de la ejecución de la obra.

Como se pudo observar en el capítulo anterior la mayoría de los impactos negativos por ocurrir son los correspondientes a las etapas de preparación del sitio y construcción, muchos de ellos de carácter operativo, por lo que al llevar a cabo acciones que prevengan la contaminación del medio y llevar una actitud amigable con el ambiente, por parte del personal involucrado con la construcción del proyecto se podrían reducir considerablemente dichos impactos.

De manera general deberán considerarse las recomendaciones siguientes para evitar el deterioro de la zona.

- Reducir la posibilidad de contaminar el aire, agua y suelo.
- Evitar al máximo la destrucción de la vegetación natural en el entorno de la zona de proyecto.
- Maltrato o captura de cualquier especie faunística encontrada.
- Evitar al máximo la erosión del suelo, así como la acumulación de sedimentos en cuerpos de agua.
- Disponer residuos sólidos y líquidos generados de una forma ambientalmente apropiada y en apego a la normatividad vigente aplicable,
- Minimizar hasta donde sea posible, la interferencia con la vida diaria de la comunidad.
- Cualquier cambio que se realice en el proyecto ejecutivo a la ingeniería básica objeto del presente estudio deberá notificarse a las autoridades competentes para su conocimiento y en su caso asentarse en el estudio ambiental correspondiente para su autorización.
- La aplicación, cumplimiento y seguimiento de las medidas para la prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales son responsabilidad del Promovente, en su carácter de titular del permiso en materia de impacto ambiental, y de la autorización que resulte del presente estudio.

## **VI.1 MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN PROPUESTAS**

A continuación se describirán las medidas de prevención y mitigación recomendadas para minimizar e inclusive evitar los impactos ambientales detectados a partir de los análisis realizados a lo largo del presente estudio.

### **A. EDAFOLOGÍA**

#### **1. Eliminación de la capa de suelo:**

No se removerá la maleza y capa vegetal, a menos de que sea demasiado grande, solo aquellas que constituyan un arbusto o que sean pastos muy grandes. El objeto de conservarlos es que esa vegetación actúa como un geotextil natural como refuerzo del subsuelo.

En su caso, la materia orgánica retirada por ningún motivo se revolverá con residuos u otro tipo de material ya que puede ser incorporado como mejorador de suelo por medio de composta.

#### **2. Procesos erosivos:**

Deberá mantenerse el grado de humedad óptimo del suelo que quede expuesto, así como reducir los tiempos de exposición para minimizar dichos procesos.

#### **3. Movimiento de tierras:**

El movimiento de tierras deberá sujetarse solamente al área de construcción y no más allá de esta.

Será preciso garantizar siempre los ángulos de reposo del material, procurando dejar al finalizar la jornada, taludes tendidos para evitar derrumbes.

#### **4. Estabilidad:**

Con la finalidad de garantizar la estabilidad deberán respetarse los ángulos de reposo de los materiales involucrados.

Considerando el estudio de mecánica de suelos, en base a los suelos encontrados en el predio, las cimentaciones que se recomiendan para el desplante de las estructuras de la planta, es a base de losa de cimentación rígida con contratrabes o en su defecto cimentación profunda a base de pilotes.

Al realizar la excavación se presentan expansiones del fondo de la misma y desplazamientos laterales de las paredes de la excavación, lo cual puede dañar las estructuras colindantes. Por esta razón, se recomienda realizar la excavación por etapas.

Si durante la etapa de construcción se encuentra una estratificación del subsuelo, diferente a la presentada en los sondeos mixtos y pozos a cielo abierto, se deberá informar al responsable de obra, para que tome las precauciones correspondientes.

De suma importancia resulta la identificación temprana de la presencia de elementos geológicos como fallas y fracturas, dado que sus movimientos son indicadores de riesgo y un descubrimiento tardío de éstos puede obligar a un rediseño de la estructura, a cambiar su localización o al abandono total del lugar propuesto. Por lo que en caso de que existan dudas acerca de la existencia de estos elementos geológicos en el sitio donde se desarrollará el proyecto, se deberá realizar un estudio geofísico que compruebe o elimine la existencia de éstos y se garantice la seguridad del sitio y la compatibilidad del diseño realizado en el proyecto ejecutivo.

#### 5. Calidad de suelo:

Para evitar que se practique la defecación al aire libre, se colocarán, en sitios accesibles para el personal involucrado en la obra, servicios sanitarios portátiles a razón de uno por cada 20 empleados, considerándose un mínimo de dos unidades por cada frente de trabajo. La empresa arrendadora será la responsable de su limpieza por lo menos tres veces por mes, y conducirá los residuos hacia el sitio que la autoridad competente le haya otorgado en el momento de su registro y permiso de operación. Por ningún motivo se permitirá el vertido de dichos residuos hacia el suelo en caso de que así fuere será imputable a la empresa arrendadora quien deberá de llevar a cabo las técnicas de remediación pertinentes y la sanción respectiva por parte de la autoridad competente.

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción deberá habilitarse un área de cuando menos 500 m<sup>2</sup> (25 X 20 m) por cada frente de trabajo para manejo de combustibles y en su caso para dar mantenimiento menos al equipo de construcción, el cual deberá garantizar sus perfectas condiciones mecánicas y físicas, de lo contrario deberá sustituirse por otro que cumpla dichas condiciones. Dicha área deberá ser impermeable, lo cual se podrá lograr por medio de sellos de arcilla compactada al 95% Próctor de 10 cm de espesor y de esta manera evitar la contaminación del suelo por derrame de combustible y lubricantes.

En caso de derrame de aceite o de alguna otra sustancia contaminante se procederá a eliminar el área contaminada del sello de arcilla y se almacenará temporalmente junto con los residuos de aceites, estopas, envases de aceites y solventes los cuales deberán ser almacenados en tambos específicos y por separado para mandarlos a confinamiento por medio de una empresa autorizada por SEMARNAT y debiéndose dar de alta la empresa como generador de residuos peligroso y cumplir con los requisitos legales correspondientes.

La transportación de insumos en fase líquida se efectuará por medio de pipas específicas. En caso de que los combustibles sean trasladados en camionetas, se deberán utilizar contenedores específicos para cada tipo de material debidamente identificados. Se llenarán a un 75% de su capacidad, contarán con tapa para evitar derrames y se deberá garantizar su sujeción hacia el vehículo transportador. Especial atención deberá ponerse en el manejo apropiado y cuidadoso de los recipientes que transporten cualquier tipo de aceites o combustibles, los cuales deberán estar perfectamente identificados y deberá señalarse las principales características del material transportado de acuerdo a la "Guía Norteamericana de Respuesta en caso de Emergencia". El chofer del vehículo transportador deberá estar instruido para resolver cualquier eventualidad en caso de accidente, además de contar con una ficha de embarque en donde se indiquen las acciones inmediatas a realizar en caso de presentarse una emergencia.

Se deberá llevar a cabo una inspección periódica del estado de los recipientes a fin de detectar cualquier fuga y corregirla inmediatamente. En caso de contaminar el suelo será responsabilidad de la constructora ejecutar las medidas de remediación pertinentes pudiendo utilizar para ello emulsiones químicas.

Para evitar la contaminación del ambiente por el vertido de residuos sólidos, será preciso colocar contenedores para almacenar los residuos generados por cada frente de trabajo, clasificándolos para su rehusó y depositados en contenedores que deberán ser colocados estratégicamente para poder acceder a ellos con facilidad, dichos contenedores facilitarán la clasificación de los residuos sólidos no peligrosos de acuerdo a los colores estipulados en la Tabla VI.1.

Se debe implementar un programa de recolección y transporte eficiente por parte de la empresa constructora la cual se encargará de realizar la disposición final de los residuos no reutilizables en el basurero municipal. El almacenamiento temporal de los residuos orgánicos no deberá exceder a una semana ya que a partir de este lapso tiende a aparecer fauna nociva y generación de olores. Por tal motivo los contenedores deberán tener capacidad suficiente para albergar los residuos generados en este lapso. Por ningún motivo estos almacenamientos deberán perder su carácter de temporalidad y convertirse en sitios definitivos.

**TABLA VI.1 CONTENEDORES PARA CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES GENERADOS.**

<b>COLOR DEL CONTENEDOR</b>	<b>TIPO DE RESIDUO</b>
<i>Amarillo</i>	<i>Papel y cartón</i>
<i>Blanco</i>	<i>Vidrio</i>
<i>Azul</i>	<i>Plástico</i>
<i>Gris</i>	<i>Metal</i>
<i>Verde</i>	<i>Materia orgánica</i>
<i>Rojo</i>	<i>Varios</i>

Para el manejo de combustibles, albergar los contenedores para recolección de residuos sólidos, así como para los servicios sanitarios portátiles necesarios, se requiere que el sitio donde se ubiquen sea plano, impermeable y con fácil acceso para realizar los servicios necesarios.

Los residuos de aceites, estopas, aceites, envases de aceites y solventes deberán manejarse conforme a la legislación aplicable correspondiente a residuos peligrosos.

## **B. USO DEL SUELO**

### 1. Espacio abierto:

Sin impacto aparente, por lo que no precisa de medida de mitigación.



2. Recreativo:

Sin impacto aparente, por lo que no precisa de medida de mitigación.

3. Agrícola:

Por el tipo de impacto no precisa de medida de mitigación.

4. Forestal:

Sin impacto aparente, por lo que no precisa de medida de mitigación.

5. Habitacional:

Sin impacto aparente, por lo que no precisa de medida de mitigación.

6. Comercial:

Sin impacto aparente, por lo que no precisa de medida de mitigación.

7. Industrial:

Sin impacto aparente, por lo que no precisa de medida de mitigación.

### **C. RECURSOS HIDRÁULICOS**

1. Alteración en la infiltración natural:

Antes de que se presente el nivel de aguas freáticas (0.50 m) es conveniente construir un sistema de pozos de bombeo ó cárcamos, para extraer el agua, en forma distribuida estabilizando el fondo de la excavación y así reducir ó abatir el nivel de aguas freáticas, para trabajar en seco en la construcción de las cimentaciones de las estructuras.

2. Alteración en la calidad del agua:

La probabilidad de contaminación del agua se reducirá adoptando las medidas recomendadas para evitar la contaminación del suelo, ya que es un paso antecesor para contaminar las aguas.

3. Drenaje Superficial:

El proyecto ejecutivo deberá contemplar pendientes en las superficies de piso para evitar encharcamientos. Así como la construcción de drenaje pluvial.

4. Alteración en la recarga del acuífero:

Por el tipo de impacto no precisa de medida de mitigación.

## **D. CALIDAD DEL AIRE**

### **1. Óxidos (azufre, carbono, nitrógeno):**

Por ningún motivo se realizará la quema de ningún tipo de material o residuo, ya que esto contribuye enormemente al deterioro ambiental impactando directamente a la calidad del aire.

Para evitar la contaminación por emisiones a la atmósfera proveniente del equipo de construcción, se deberá garantizar que tengan un funcionamiento mecánico adecuado y que se encuentren en buen estado. Las unidades de maquinaria y equipo que se empleen deberán estar en excelentes condiciones, si durante la construcción o etapa de mantenimiento presentan deficiencias, el contratista estará obligado a retirarlas reemplazándolas por otras en condiciones óptimas.

### **2. Partículas suspendidas totales:**

Durante la preparación del sitio y construcción será preciso que todos los camiones de carga que transporten material a granel estén debidamente cubiertos con lonas bien sujetas, de ésta manera se evitarán derrames de materiales, polvos y otros aerotransportables, en todo su recorrido. Durante la operación será preciso que todos los camiones de carga que transporten material a granel estén debidamente cubiertos con lonas bien sujetas.

### **3. Químicos:**

El manejo de cloro debe tener precauciones especiales ya que puede llegar a causar hasta la muerte si el contacto es prolongado ó altas concentraciones. Al llevar a cabo programas de mantenimiento preventivo y correctivo adecuados, revisiones periódicas de su estado de conservación y una buena operación basada en una capacitación efectiva del personal encargado, se minimizan los riesgos. Se deberá contemplar la utilización de detectores de fugas de cloro, así como los equipos necesarios para mantenimiento preventivo del sistema de cloración, además de que dentro del equipo de operación se deberá incluir un equipo de seguridad (KIT B) para control de fugas de cilindros de gas de 908 kg aprobado por el Chlorine Institute. Durante la operación de la Planta Potabilizadora se deberá contar con por lo menos un Equipo de Aire Autónomo de Presión Positiva (SCBA).

Es necesario colocar por lo menos una regadera de emergencia con fuente para lavado de ojos en el área de desinfección. Así mismo se debe colocar un dispositivo para indicar la dirección del viento para que en caso de una eventualidad el personal que labora en la planta pueda dirigirse a un sitio seguro de acuerdo a la dirección del viento, ya que este será el principal factor para el transporte de una nube tóxica.

Deberá evitarse cualquier fuente de ignición o calorífica cercana a los cilindros que contengan cloro ya que éstos pueden explotar cuando se calientan (74°C), por lo cual cuentan con 3 fusibles en cada extremo diseñados para que fundan entre 70 y 73.9 °C. La presión de diseño de los contenedores será señalada por el fabricante para lo cual éstos contarán con equipo de control como manómetros.

Quedará estrictamente prohibido almacenar en el área de cloración cualquier otra sustancia diferente al cloro. Nunca podrá estar en contacto con derivados del petróleo, ácidos

minerales no oxidantes, ácidos orgánicos, trementina, alcoholes y glicolas, amidas, aminas alifáticas y aromáticas, carbonatos, cianuros, ditiocarbamatos, compuestos orgánicos halogenados, acetona, hidrógeno, amonía y sulfuro, ya que puede reaccionar violentamente.

El sistema de desinfección deberá estar debidamente identificadas. Se requiere la revisión frecuente de todas las conexiones en las líneas de cloro, Se deberá corregir la menor fuga de cloro inmediatamente ya que se pueden convertir rápidamente en grandes fugas ya que el cloro en presencia de humedad es altamente corrosivo. Toda unión nueva deberá probarse con una estopa humedecida con amonía sostenida cerca de las uniones, los humos blancos de cloruro de amonio señalan las fugas. Evítese el contacto directo del cloro sobre las válvulas y conexiones ya que éste deshace algunos recubrimientos. Nunca trabajar en un sistema presurizado, si hay una fuga, se deberá cerrar la válvula del cilindro, aislar la parte por arreglar, y posteriormente reparar la fuga.

Para evitar la formación de hielo de cloro, el agua a ser desinfectada debe tener una temperatura entre 10 y 26.6°C.

#### 4. Olores:

Los olores generados serán debidos a los equipos de construcción, por un mantenimiento inadecuado de los sanitarios portátiles, por lo que en ambos casos se requiere incorporar un mantenimiento periódico y efectivo. También puede existir generación de olores por un almacenamiento prolongado de residuos orgánicos, por lo cual no deberá sobrepasar su estancia de almacenamiento por más de 5 días.

#### 5. Gases.

Los gases de combustión provenientes del equipo utilizado en la preparación del sitio y construcción se minimizarán si el equipo utilizado se encuentra en buenas condiciones, por lo que se deberá garantizar ofrecerles mantenimientos preventivo y correctivo adecuados.

### **E. CLIMA**

#### 1. Microclima:

Se deberán destinar áreas verdes dentro de las instalaciones de la planta con la finalidad de abatir un poco el impacto negativo de haber eliminado la vegetación existente. Dichas áreas verdes deberán ser propuestas con vegetación nativa.

#### 2. Temperatura:

No precisa de medida de mitigación.

#### 3. Humedad Relativa:

No precisa de medida de mitigación.

#### 4. Dirección de vientos:

Sin impacto aparente, por lo que no precisa de medida de mitigación.

5. Intemperismos:

Deberán tomarse en cuenta los intemperismos, por un lado porque éstos motivarán un atraso en las obras de construcción y por el otro porque se deberán establecer las medidas de seguridad laboral pertinentes.

**F. SERVICIOS MUNICIPALES**

1. Escuelas:

Sin impacto aparente, por lo que no precisa de medida de mitigación.

2. Policía:

Sin impacto aparente, por lo que no precisa de medida de mitigación.

3. Protección contra incendios:

Se deberá tomar en cuenta el riesgo que conlleva la actividad para dotar a la infraestructura de un sistema de protección contra incendios.

Se deberán instalar extintores conforme a lo estipulado en la NOM-002-STPS-2000, Condiciones de Seguridad-Prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.

4. Sistema de abastecimiento de agua:

Para garantizar la óptima operación de la Planta Potabilizadora se deberán llevar a cabo muestreos periódicos del efluente el cual debe cumplir en todo momento con los parámetros propuestos en el proyecto ejecutivo y la normatividad correspondiente para abastecimiento de agua para consumo humano.

5. Sistema de alcantarillado:

Sin impacto aparente no precisa de medida de mitigación.

6. Sistema de manejo de residuos sólidos:

La empresa constructora deberá incorporar un programa de recolección de residuos sólidos y los deberá llevar al basurero municipal. Antes de esto deberá separarse los residuos de acuerdo a su vocación de reuso correspondiente como se señalo en el inciso A.5.

En cuanto a residuos de aceites usados, sus envases y demás materiales contemplados dentro de la normatividad respectiva como especiales o peligrosos, éstos deberán ser gestionados de acuerdo a la legislación vigente, habilitando un almacén temporal de residuos peligrosos, darse de alta como generador de residuos peligrosos ante la SEMARNAT y contratar a una empresa autorizada para recolectar dichos residuos, por ningún motivo se verterán en zonas aledañas al proyecto, ni se enviarán al basurero municipal, ni mucho menos en tiraderos clandestinos.

## 7. Sistema de electrificación y alumbrado:

Se extremarán precauciones en el manejo de elementos que estén dotados de energía eléctrica y se usará el equipo de protección correspondiente. En los sitios donde existan tableros de control se deberán instalar elementos protectores como tarimas o plataformas aislantes. De ninguna manera se dejarán conexiones provisionales para la operación de la Planta Potabilizadora. Es importante que las instalaciones se protejan con pararrayos y que todos los equipos e instalaciones estén debidamente conectados a tierra.

## G. MEDIO BIOLÓGICO

### 1. Flora

- 1.1. Pérdidas de especies nativas: El proyecto no contribuye a la pérdida de ninguna especie, sin embargo deberá compensarse el impacto de la obra mediante la plantación de especies nativas como Sauce (*Salix* sp), Fresno (*Fraxinus* sp), Sabino (*Taxodium* sp.) en áreas verdes y en el perímetro de la propia Planta Potabilizadora.
- 1.2. Especies en status: Ninguna especie incluida en la norma NOM-059-SEMARNAT-2001 será afectada por el proyecto, por lo cual no se precisa de mitigación alguna.
- 1.3. Daño a vegetación existente: Se evitará dañar innecesariamente a la vegetación aledaña. En las maniobras de construcción, la maquinaria utilizada, no rebasará el límite del área físicamente señalada para cada una de las áreas consideradas en el presente estudio.
- 1.4. Repoblación: Se plantarán árboles nativos en los alrededores de la Planta Potabilizadora, a una distancia de 5 m a fin de que dichos árboles funcionen como barreras físicas y contribuyan a mejorar el entorno con su función ecosistémica.

### 2. Fauna

- 2.1 Nidificación: no precisa de medida de mitigación.
- 2.2 Especies en status: Ninguna especie incluida en la norma NOM-059-SEMARNAT-2001 será afectada por el proyecto.
- 2.3 Pérdida de especies: previo a las labores de desmonte y despalme se ahuyente la fauna que tenga la posibilidad de desplazarse de tal forma que encuentre refugio en las áreas con vegetación, próximas al sitio.

Se deberá realizar el desmonte de manera paulatina siguiendo una sola dirección con el fin de permitir el desplazamiento de la fauna, a la cual se le evitará maltratar ó cazar.

Para evitar la generación de fauna nociva como mosquitos, moscas, cucarachas, y roedores, se deberán colocar contenedores en los frentes de trabajo, verificando

periódicamente que los trabajadores depositen sus residuos en ellos, sobre todos los orgánicos, y que a su vez, dichos residuos sean trasladados hacia el sitio de disposición final, evitando al máximo su almacenamiento por periodos largos (no más de 5 días).

- 2.4 Áreas de cría: no precisa media de mitigación
- 2.5 Áreas de reproducción: no precisa media de mitigación
- 2.6 Desplazamiento o efecto barrera: Las obras en sí formarán barreras para el desplazamiento habitual de la fauna que habita la zona. Durante la obra, en caso de que se encuentre algún componente de fauna silvestre, se evitará maltratarlo, cazarlo, o matarlo, debiéndose ahuyentar previamente a la ejecución de la obra por realizar. La preparación del sitio deberá ser direccional

Al hacer las represas en la etapa de construcción se deberá evitar dañar a las especies acuáticas.

En la etapa de operación, en la obra de toma, se deberán tomar las precauciones necesarias para evitar que los organismos que pertenecen a la ictiofauna de la represa de La Mintzita ingresen al proceso por la obra de toma.

## H. GEA

### 1. Estabilidad:

Se deberán respetar los ángulos de reposo de los materiales en los cortes y en las excavaciones con el fin de garantizar la estabilidad del suelo. Por ningún motivo se apilará o dejará material en sitios ajenos al proyecto sin tomar en cuenta sus ángulos de reposo para evitar un accidente por derrumbe.

Como el proyecto se encuentra ubicado en una zona sísmica, se deberá garantizar la sujeción y estabilidad de cualquier material almacenado y se deberá colocar señalización informativa en sitios estratégicos, en donde se indique que hacer en caso de un sismo. Se deben tomar las medidas pertinentes durante el diseño estructural y la construcción de la obra, la primera para garantizar la seguridad de las estructuras y en la segunda con la finalidad de evitar una eventualidad no deseada ya que un sismo se trata de un riesgo impredecible. Al resguardar el material se deberá garantizar su estabilidad.

Se deberá considerar las recomendaciones del estudio de mecánica de suelos, en base a los suelos encontrados en el predio, las cimentaciones que se recomiendan para el desplante de las estructuras de la planta.

Al realizar la excavación se presentan expansiones del fondo de la misma y desplazamientos laterales de las paredes de la excavación, lo cual puede dañar las estructuras colindantes. Por esta razón, se recomienda realizar la excavación por etapas.

Por ningún motivo se podrá sobrepasar la capacidad de carga admisible del terreno señalada por el estudio de mecánica de suelos correspondiente.

El responsable de obra deberá detectar en campo, si se encuentra una estratificación del subsuelo, diferente a la presentada en los sondeos mixtos y pozos a cielo abierto para que tome las precauciones correspondientes. Si existen zonas de fracturamiento en donde pueda ser un peligro la inestabilidad geológica, con el fin de ordenar el amacice o retiro de material o inclusive la suspensión temporal o permanente de la obra hasta lograr una solución real al problema detectado.

2. Erosionabilidad:

Se deberá mantener el grado óptimo de humedad del material para evitar este efecto, así mismo las excavaciones profundas deberán rellenarse a la brevedad.

3. Morfología:

No precisa de medida de mitigación

4. Relieve:

Sin impacto aparente, por lo que no precisa de medida de mitigación.

## I. SISTEMA DE TRANSPORTE

1. Automóviles:

Sin impacto aparente, por lo que no precisa de mitigación alguna.

2. Autobuses, microbuses, taxis, colectivos:

Sin impacto aparente, por lo que no precisa de medida de mitigación.

3. Camiones de carga:

En cuanto al sistema de transporte se refiere, no se considera medida de mitigación ya que el impacto es positivo. Aunque como ya se ha mencionado anteriormente, cuando se transporte material a granel, los camiones deberán transitar con lonas debidamente sujetas con el fin de evitar vertido de material en su trayecto, aerotransportables y polvos.

4. Conservación de vialidades:

Al finalizar las obras de construcción deberá garantizarse que las vialidades y accesos utilizados se encuentren en buenas condiciones.

5. Seguridad vial:

Quedará estrictamente prohibido que la empresa constructora en las etapas de preparación del sitio, construcción y mantenimiento, así como aquellos encargados de abastecer los materiales e insumos dentro de la etapa de operación, invadan cualquier área ajena como vialidades, accesos y aquellas de uso común

Para mantener la seguridad vial se deben instalar señalamientos que indiquen las entradas y salidas de vehículos en las zonas de trabajo y en sus alrededores, así como señalamientos informativos y restrictivos necesarios para garantizar la seguridad del lugar, con el fin de que tanto los transeúntes como los operadores de los vehículos que transiten en la zona estén informados y tengan tiempo de reaccionar y tomar las medidas precautorias pertinentes.

En el caso de transporte de sustancias químicas, el transportista deberá identificar adecuadamente el material transportado tanto en los contenedores como en el vehículo, deberá incluir un cartel visible en el vehículo con número de identificación y las características principales de la sustancia que se transporta.

La transportación del cloro deberá realizarse bajo el marco normativo de la Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1999 "Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral"

El transportista deberá contar con un documento de embarque el cual contendrá la información necesaria para identificar el material involucrado. Dicho documento contiene el nombre apropiado del embarque (Cloro), la clase de riesgo o división del material (Clase de Riesgo 2 "Gases"; División 2.3 "Gases tóxicos por inhalación", Número ID (UN1017), grupo de envase o embalaje (Dado por el fabricante). De acuerdo a la guía norteamericana de respuesta en caso de emergencia la guía que le corresponde al cloro es la No.124 "Gases tóxicos y/o corrosivos oxidantes". El documento de embarque adicionalmente deberá contar con la información requerida que describa los riesgos del material que pueda ser utilizado en la mitigación de un accidente.

El transportista deberá identificar adecuadamente el material transportado tanto en los contenedores como en el vehículo, deberá incluir un cartel visible en el vehículo con número de identificación y las características principales de la sustancia.

## 6. Tráfico:

Se debe evitar al máximo que las obras alteren el tráfico vehicular y que tanto los materiales como el equipo y maquinaria de construcción no invadan ni accesos ni obstaculicen los caminos. Se deberá establecer un horario para el abastecimiento de combustibles, fuera del horario de labores para no obstaculizar las actividades por realizar.

## J. RUIDO Y VIBRACIÓN

### 1. En el sitio:

Para evitar la contaminación por emisiones a la atmósfera y ruido proveniente del equipo de construcción, se deberá garantizar que tengan un funcionamiento mecánico adecuado y que se encuentren en buen estado. Las unidades de maquinaria y equipo que se empleen deberán estar en buenas condiciones, si durante la construcción presentan deficiencias, el contratista estará obligado a retirarlas del lugar reemplazándolas por otras en condiciones óptimas.



## 2. Externo al sitio:

No se considera que la generación de ruido provocado por las actividades propias de la construcción afecte fuera del sitio donde se llevan a cabo, por lo cual no existe medida preventiva o de mitigación.

Adicionalmente se recomienda reforestar principalmente alrededor de la Planta Potabilizadora a fin de que los árboles funcionen como barreras físicas.

## K. ESTÉTICA

### 1. Paisaje:

Al concluir la etapa de construcción, desaparecerá el impacto temporal ocasionado por la presencia de personal, equipo y maquinaria de construcción.

Una vez que se terminen los trabajos de construcción, por ningún motivo se dejarán en la zona materiales, contenedores, empaques o cualquier tipo de residuos que impacte desfavorablemente el ambiente.

La limpieza menor, o de acabado, es la que deberá realizarse una vez que estén terminadas las obras. En esta limpieza se extraerán los desperdicios y excedentes de la construcción y se retirarán del sitio hacia el sitio de disposición final correspondiente.

### 2. Estructuras:

El efecto estético negativo de las estructuras se puede contrarrestar creando áreas con vegetación nativa en las instalaciones de la misma. Adicionalmente se recomienda a cabo la plantación de árboles alrededor de la planta potabilizadora a fin de que éstos funcionen como barreras físicas que eviten aerotransportables, olores y ruido que pudiera ser generados, además que mejorarán la calidad visual de la zona afectada.

## L. ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD

### 1. Reubicación:

Sin impacto aparente, por lo que no precisa de medida de mitigación

### 2. Movilidad:

Sin impacto aparente, por lo que no precisa de medida de mitigación.

### 3. Infraestructura y servicios:

El proyecto impacta benéficamente en este rubro por lo que no precisa de medida de mitigación.

#### 4. Recreación:

Sin impacto aparente, por lo que no precisa de medida de mitigación.

#### 5. Empleo:

Se debe dar preferencia de empleo a los trabajadores locales sin excepción de género y de ser posible se implantarán programas específicos de capacitación.

#### 6. Economía local:

Corresponderá a las autoridades competentes vigilar que en el área de influencia del proyecto no se presente un incremento no autorizado en el precio de productos y servicios básicos, esto como consecuencia de la demanda adicional que debido a las obras se pudiera tener, ya que ello afectaría a los pobladores de la zona que no pudieran beneficiarse con la generación de empleos.

#### 7. Salud poblacional:

Se deberá llevar el monitoreo periódico del efluente de la potabilizadora con el fin de garantizar que este cumpla con los parámetros señalados en el proyecto ejecutivo el cual atenderá a la normatividad correspondiente para el abastecimiento de agua potable.

Con la puesta en marcha del proyecto se evitan posibles problemas que en materia de salud pública se pueden ocasionar tanto a las poblaciones aledañas, como a los habitantes de la ciudad de Morelia que son abastecidos con las aguas del manantial, ya que al ser tratadas se cumplirían con los parámetros señalados en la normatividad aplicable para agua para consumo humano, abatiendo enfermedades principalmente gastrointestinales.

#### 8. Salud de los trabajadores:

Los trabajadores involucrados en el proyecto, deberán estar capacitados para llevar adecuadamente sus funciones y para que conozcan los riesgos que involucra su actividad y las medidas precautorias de seguridad y emergencia que deben adoptar para lo cual deberán contar con la capacitación correspondiente. Así mismo deberán conocer las acciones inmediatas que deben realizar en caso de presentarse algún evento extraordinario y minimizar los riesgos de trabajo.

Con el fin de evitar accidentes se evitará dejar cualquier herramienta o material suelto o almacenado sin las precauciones requeridas que pudieran causar un accidente, esto deberá observarse durante todo el periodo en que se realizará la obra ya que un sismo es un evento impredecible.

Se deberá conocer la ubicación de los centros de salud más cercanos al sitio del trabajo con el objeto de poder acceder a ellos inmediatamente en caso de que algún accidente ocurra. En el inciso VI.2 "Plan de Contingencia" se menciona la ubicación de algunos de ellos.

Se deberá contar con un botiquín de primeros auxilios, que sirva también para los usuarios en caso de un accidente leve, siendo éste una caja de fácil transportación para guardar como mínimo el material que se enuncia en el inciso VI.2 "Plan de Contingencia".

Todos los empleados deberán estar previamente vacunados contra la tifoidea, así como la debida protección contra el tétanos, hay que aplicar una serie de dos inyecciones de toxoide tetánico (con un mes de lapso entre una y otra) y repetirse la serie cada cinco años.

Cuando se manejan elementos que requieren energía eléctrica, existe el riesgo de sufrir una descarga eléctrica, por lo cual se deberá contemplar dentro de la construcción, que en los sitios en donde se maneje energía eléctrica, se instalen elementos protectores en el piso como pueden ser tarimas y plataformas aislantes.

El personal que labore en la Planta Potabilizadora deberá hacer uso del equipo de protección personal (mascarillas, guantes, mandil, goggles, botas) de acuerdo a la NOM-017-STPS-2001 "Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo". Las mascararas contra gas cloro deberán colocarse fuera del área de cloración en sitios estratégicos, adecuados, de manera que se encuentren fácilmente y estén listas para su uso inmediato.

Se deberá informar a los trabajadores de los riesgos a la salud por el manejo de gas cloro y la manera de minimizar el riesgo al llevar a cabo acciones seguras. El personal deberá estar debidamente capacitado para cualquier eventualidad en el manejo de cloro como fugas y derrames, Dicha capacitación podrá ser llevada a cabo en combinación con protección civil y la compañía que suministre el cloro.

Dentro de las instalaciones de la Planta Potabilizadora se contará con señalamientos referentes al tipo de equipo de protección requerido para el personal acuerdo al área de trabajo que labora, así como avisos y señales precautorias, informativas y restrictivas Se deberán identificar los equipos que estén relacionados con el manejo de cloro y las tuberías que lo conduzcan deberán ser reconocidas y pintadas de color amarillo bajo el marco normativo de las Normas Oficiales Mexicanas NOM-026-STPS-1998 "Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías".

El personal que este en contacto con el cloro deberá bañarse inmediatamente después de estar en contacto, asimismo las ropas y el equipo utilizado deberán lavarse inmediatamente. Deberá haber regaderas de emergencia para ser usadas en caso de que existiera contacto del cloro con piel u otro órgano del cuerpo de los trabajadores.

Quedará estrictamente prohibido fumar dentro de las instalaciones de la planta así como ingerir bebidas alcohólicas, comer o beber en lugares que no hayan sido expresamente autorizados. Inmediatamente después de efectuar el manejo del cloro y sustancias químicas en general, de sus recipientes o accesorios, el personal deberá lavarse cuidadosamente las manos, así como antes de ingerir cualquier alimento.

Se debe informar al personal involucrado en la operación de la Potabilizadora las medidas de mitigación propuestas y concientizar de la importancia de llevarlas a cabo para no contribuir a la degradación del ambiente.

#### 9. Valor del suelo:

Un punto muy importante en este rubro son los convenios de compra-venta y escrituración de los terrenos adquiridos para albergar el proyecto, a fin de evitar conflictos sociales por la

negativa de venta de los predios requeridos o bien por el incremento desmedido en el valor del los terrenos.

#### 10. Calidad de vida:

Se deberá realizar campañas publicitarias en donde se den a conocer los beneficios de la obra. Se deberá llevar a cabo a la par, de ser necesario, una campaña de convencimiento con el fin de evitar algún tipo de problema social.

Por último es preciso mencionar que la construcción y la operación de la Planta Potabilizadora deberán apegarse a los lineamientos que para tal efecto están definidos en la Ingeniería básica con que se cuenta actualmente y señalados en un futuro en el proyecto ejecutivo el cual presumiblemente estará basado en la Ingeniería Básica.

Cualquier cambio que se realice al proyecto existente deberá notificarse a las autoridades competentes para su conocimiento y autorización, debiéndose incluir en el estudio ambiental correspondiente.

De manera general en la Tabla VI.2. se incluye el presupuesto general de las medidas de mitigación que implican una erogación adicional del presupuesto original, ya que como se ha mencionado muchos de los impactos detectados son de carácter operacional, por lo que al observar las medidas preventivas señaladas, la factibilidad de ocurrencia disminuirá considerablemente.

Existen medidas que deberán ser ininterrumpidas durante todo el periodo del proyecto, como es la supervisión, recolección de residuos, abastecimiento de agua potable, entre otras. En cuanto a la construcción de la plataforma para manejo de combustibles, ésta deberá construirse al inicio de las actividades de preparación del sitio con la finalidad de garantizar la impermeabilización del sitio desde el inicio de las obras.

La inversión requerida para la ejecución de las medidas de mitigación propuestas asciende a \$ 584,750 (Quinientos Ochenta y Cuatro Mil Setecientos Cincuenta Pesos 00/100 M.N.), equivalente al 0.4 % del total de la inversión que se pretende realizar. El desglose de éstas se reportan en la tabla siguiente.

**TABLA VI.2 PRESUPUESTO MEDIDAS DE MITIGACIÓN**

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	IMPORTE UNITARIO (\$)	IMPORTE TOTAL (\$)
Supervisión de medidas de control y mitigación de impacto ambiental	15	mes	10,000.00	150,000
Plantación de árboles nativos	95	árbol	50	4,750
Sanitarios portátiles austeros, incluye renta y limpieza una vez por semana del reservorio	48	sanitario	1,500.00	72,000
Adquisición de botellones de 19 litros de agua de marca conocida para consumo humano	1,000	botellón	19.00	19,000
Señalización, dispositivos para protección y seguridad	3	lote	5,000.00	15,000
Plataforma para mantenimiento de equipo y maquinaria de construcción, de arcilla compactada, de 10 cm de espesor, compactado al 90% próctor	1	plataforma	2,000.00	2,000
Regadera de emergencia con fuente para lavado de ojos	1	regadera	18,000.00	18,000
Equipo de Aire Autónomo de Presión Positiva (SCBA)	2	equipo	45,000.00	90,000
Dispositivo para indicar la dirección del viento (veletas, conos de viento)	1	dispositivo	10,000.00	10,000
Detector de fugas de cloro para dos puntos de detección	1	equipo	40,000.00	40,000
Equipo de seguridad (KIT B)	1	equipo	45,000.00	45,000
Pararrayos y aterrizaje de equipo y estructuras a tierra	1	lote	80,000	80,000
Recolección de residuos sólidos de tipo municipal y disposición al basurero municipal	70	viaje	200.00	14,000
Recolección por compañía autorizada por SEMARNAT, de lubricantes y aceites usados, estopas y respectivos envases	3	viaje	5,000.00	15,000
<b>TOTAL</b>				<b>584,750</b>

## **VI.2 PLAN DE CONTINGENCIA**

Se deberán definir las brigadas de Combate, Primeros Auxilios, Evacuación y Comunicación, o en su caso una brigada multifuncional lo que dependerá básicamente del personal contratado durante la operación de la Planta Potabilizadora, debiendo recibir los integrantes de las brigadas capacitación de acuerdo a la actividad a desempeñar.

### **VI.2.1 Procedimiento especial de combate de incendio**

La persona que se percate de que existe fuego deberá conservar la calma y comunicar el siniestro y su magnitud inmediatamente a la brigada de comunicaciones, la cual se encargará de avisar, al servicio de bomberos municipales, Protección Civil, Cruz Roja y Rescate, inmediatamente se instalará un puesto de mando unificado con un capitán quien tomará las decisiones tácticas de combate, se llevará a cabo la Primer Respuesta, comandada por el jefe de la brigada de combate que a su vez recibirá ordenes del capitán del puesto de mando, si se logra controlar y consumir el incendio, se avisará a las autoridades pertinentes de lo sucedido, si no se logra controlar el incendio, se espera ayuda de Segunda Respuesta, representada por los Bomberos Municipales.

- El jefe de la brigada o responsable de evacuación debe tomar en cuenta las zonas caliente, Tibia y Fría y en función a su localización, retirar la gente a las zonas de menor riesgo, en caso que existan heridos, se definirá un área en la zona Fría, para que la brigada de primeros auxilios realice su labor, por último debe hacer un recuento del personal.
- Cortar el suministro de energía eléctrica.
- Alejar cualquier fuente de ignición cercana.
- Todo el personal que labore dentro de la Planta Potabilizadora debe conocer las rutas de evacuación y punto de reunión.
- Evacué inmediatamente a todo el personal del área de peligro y llame lo más pronto posible a personal especializado.
- No se acerque sin contar con equipo de seguridad apropiado.
- El agua es el agente extintor de incendios más común y de mayor disponibilidad generalmente. Tenga precaución al elegir un método de extinción de incendios, ya que hay muchos factores que deben ser considerados en un incidente. El agua puede no ser efectiva al combatir incendios que involucran algunos materiales; su efectividad depende en gran parte en el método de aplicación.
- Para incendios pequeños solamente utilice agua, no use polvos químicos secos (Halón) o CO<sub>2</sub>.
- Al utilizar extintores de mano (recomendable para incendios pequeños) se deberá atacar el fuego desde su base y siempre a favor del viento, nunca en su contra.
- Contenga el fuego y permita que arda. Si el fuego debiera ser combatido se recomienda rocío de agua o niebla.
- No introducir agua en los contenedores.

- Mueva los contenedores del área de fuego si lo puede hacer sin ningún riesgo.
- Los cilindros dañados, deberán ser manejados solo por especialistas.
- Enfríe los cilindros lo más pronto posible rociando agua desde una distancia segura, después retire los cilindros del área de fuego si no hay riesgo y empleando el equipo de movilización necesario.
- Si hay fuga en los cilindros trate de reducir los vapores tóxicos rociando agua, sin aplicar el agua directamente en la fuga, ya que esto puede incrementarla.
- Se debe mantener alerta de lo que sucede alrededor y se debe mantener abierta una ruta de escape segura.
- Posterior al siniestro, deberá realizarse una investigación para conocer las causas que lo motivaron y reportar el evento a las autoridades correspondientes.

#### Acciones preventivas:

- Incorporar un sistema de alarma interno efectivo, para responder inmediatamente en caso de una contingencia.
- Los cables eléctricos deberán permanecer en perfectas condiciones, evitar el uso de cordones pelados, parchados o dañados.
- Evitar realizar demasiadas conexiones en contactos múltiples para prevenir sobrecargas en circuitos eléctricos.
- Por ningún motivo sustituir fusibles por alambres o monedas.
- Se evitaran fuentes de ignición cercano a tanques de cloro, almacén de residuos o almacenes de papel cartón o plásticos, entendiéndose como fuentes de ignición cerillos, cigarrillos, uso de celulares, paso de corriente, lámparas, entre otros.
- Recordar que el pánico es el mayor enemigo.

### VI.2.2 Indicaciones en Caso de Fuga o Derrames

De acuerdo con la guía norteamericana de respuesta en caso de emergencia en su Tabla de Aislamiento Inicial y Distancias de Acción Protectora, en caso de la sustancia Cloro, predice el tamaño de las áreas a favor del viento que podrían ser afectadas por una nube de gas, la población en esta área deberá ser evacuada y/o protegida en el lugar dentro de los edificios, debiéndose realizar las acciones siguientes.

- Si los derrames son pequeños (de un envase pequeño o una fuga pequeña en un envase grande).
  - A. Aislar a la redonda 60 m
  - B. Proteja a las personas en la dirección del viento
    - Durante la noche: 300 m
    - Durante el día: 800 m
- Si los derrames son grandes (de un envase grande o muchos envases pequeños).

- A. Aislar a la redonda 185 m
- B. Proteja a las personas en la dirección del viento
  - Durante la noche: 800 m
  - Durante el día: 3,100 m

De una forma particular considerando la fuga de un tanque de cloro de 1 tonelada a capacidad total y una nube cilíndrica de vapor de 3 m de altura, con una concentración de 1,000 ppm se sabe que el radio afectado es de 182 m.

ES necesario contar con un equipo de seguridad para control de fugas de cilindros de gas cloro de 908 kg aprobado por el Chlorine Institute conocido como “Kit B”, éste equipo contiene las herramientas necesarias para una intervención inmediata para controlar las fugas e inclusive eliminarlas, obviamente se requiere la capacitación del personal que lo maneje.

### **VI.2.3 Control del Vapor**

Limitar la cantidad de vapor emitido por un charco de líquidos inflamables o corrosivos es una preocupación operacional. Se requiere el uso de ropa apropiada, equipo especializado, agentes químicos apropiados y personal capacitado. Antes de involucrarse en el control del vapor. Obtenga la asesoría de alguna fuente autorizada sobre las técnicas apropiadas.

Hay varias maneras de minimizar la cantidad de vapores que escapan de charcos de líquidos derramados, con espumas especiales, agentes absorbentes y agentes neutralizadores. Para que sean efectivos estos métodos de control de vapores, se deberá seleccionar el método para el material específico involucrado y manejado de tal manera que mitigue, no que empeore, el incidente.

Es deseable que el equipo de respuesta de emergencia para materiales peligrosos se ponga de acuerdo con los operadores de la Planta Potabilizadora para seleccionar y guardar estos agentes de control en la misma, antes de que ocurra un derrame. En la práctica, los primeros respondedores pueden no tener el agente de control más efectivo para el material. Es probable que sólo tengan agua y un solo tipo de espuma en sus vehículos para combatir incendios. Si la espuma disponible no es la apropiada, tal vez usen rocío de agua. Como el agua que se usa forma un sello de vapor, se debe tener cuidado de no agitar o extender más el derrame durante su aplicación. Los vapores que no reaccionan con el agua, pueden ser dirigidos fuera del sitio, usando las corrientes de aire que rodean al rocío de agua. Antes de usar rocío de agua u otros métodos para controlar con seguridad la emisión del vapor o para prevenir el incendio, es necesario obtener asesoría técnica basadas en las características propias del cloro.

### **VI.2.4 Primeros Auxilios**

Los accidentes más comunes que se pueden presentar son:

- a) Daños físicos, como caídas, heridas y raspones



- b) Infecciones, entre las que se pueden mencionar, cutáneas, gastrointestinales, vírales, por bacterias y conjuntivitis.
- c) Accidentes de tránsito: volcaduras y atascamientos.

Los accidentes se deben principalmente a ignorancia, descuido y falta de disciplina, por lo cual se deben observar las medidas de seguridad que a continuación se enlistan, siendo de carácter enunciativo más no limitativo.

Se contará con un botiquín de primeros auxilios, en referencia a la Norma Oficial Mexicana NOM-005-STPS-1998” Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas” siendo éste una caja de fácil transportación para guardar como mínimo el material que se enuncia a continuación.

- |                               |                    |                         |
|-------------------------------|--------------------|-------------------------|
| - Apósitos estériles          | - Termómetro oral. | - Solución antiséptica. |
| - Tela adhesiva               | - Abapena.         | - Tijera recta.         |
| - Alcohol 90°                 | - Vendas elásticas | - Gasas                 |
| - Férulas de cartón 15x50 cm. | - Abatelenguas     |                         |
| Cinta adhesiva o microporo    | - Algodón          |                         |

Excepto en los casos de lesiones leves deberá ser un médico el encargado de tratar heridas e informar para una posible compensación al trabajador. Al momento inmediato posterior a sufrir una herida se aplicará inmediatamente tintura de yodo al dos por ciento o de merthiolate a toda la herida o cortadura. Por ningún motivo se atenderán en el sitio accidentes severos.

El responsable de la obra, durante la construcción y el responsable de operación en la etapa subsecuente, así como el personal encargado de prestar los primeros auxilios, deberán estar capacitados conforme a lo indicado en la norma NOM-002-STPS-2000” Condiciones de seguridad-Prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo”. y deberán realizar los reportes respectivos de acuerdo a lo estipulado en la norma NOM-021-STPS-1993 “Relativa a los requerimientos y características de los informes de los riesgos de trabajo que ocurran, para integrar las estadísticas”.

Conocer la ubicación de los hospitales y clínicas cercanos al sitio donde se realizaran obras

- Cruz Roja Av. Ventura Puente 270, Tel. 314 5151
- IMSS Av. Madero Pte. 1200, Tel. 312 2880
- ISSSTE Salida a Salamanca Tel. 312 3013
- Centro Médico, Bartolomé de las Casas 636, Tel. 312 8031
- Clínica Hospital de Dios, Mariano de Jesús Torres 81, Tel. 313 6033
- Hospital Star Medica, Virrey de Mendoza 2000, esq. Camelinas, Tel. 322 7700
- Hospital Memorial, Av Camelinas 2111, Tel. 315 1047, 315 1099
- Hospital de la Salud, Ignacio Zaragoza 276, Tel. 312 0990, 312 9847
- Hospital Clínica Fátima, Ana Maria Gallaga 940 Tel. 312 1212, 312 4088
- Sanatorio de la Luz, Juan Escutia y General Bravo, Tel. 314 4464.
- Sanatorio Cuautla, Cuautla 788, Tel 312 1067
- Sanatorio San Rafael, Av. Ocampo 819, Tel 316 7125.

**PRIMEROS AUXILIOS RELACIONADOS CON EL MANEJO DE CLORO (continúa)**

VIAS DE ENTRADA	SINTOMAS DEL LESIONADO	PRIMEROS AUXILIOS
INGESTION ACCIDENTAL	La ingestión no es una vía normal de intoxicación. El cloro es un gas en condiciones normales de temperatura y presión, por lo que no se cuenta con reportes de personas intoxicadas por ingestión de la sustancia. No obstante la sustancia es altamente tóxica y su ingestión causaría irritación e inclusive quemaduras a su paso por la boca, el esófago y el estómago.	<p>Si la víctima ingirió la sustancia <b>No</b> dar respiración de boca a boca; proporcione la respiración artificial con la ayuda de una máscara de bolsillo con una válvula de una sola vía u otro dispositivo médico de respiración.</p> <p>Conduzca al paciente intoxicado al aire libre, colóquelo acostado boca arriba, abríguelo con mantas y téngalo quieto. Por ningún motivo le provoque vómito.</p> <p>Si el paciente está consciente haga que beba café negro caliente o esencia de menta. Para la irritación de la garganta hágalo tomar leche. No permita que el paciente ingiera bebidas alcohólicas.</p>
CONTACTO CON LOS OJOS	El cloro es altamente irritante a los ojos, por lo que puede causar quemaduras, inflamación de la conjuntiva, opacidad de la cornea y atrofia en el iris pudiendo llegar a causar daño permanente.	<p>En caso de entrar en contacto con la sustancia, enjuagar inmediatamente los ojos con agua corriente durante por lo menos 20 minutos.</p> <p>Equipo de seguridad que se deberá utilizar son: goggles de seguridad, mascarillas si existe la posibilidad de entrar en contacto con el cloro.</p>
CONTACTO CON LA PIEL	El contacto con la piel puede causar irritación, úlceras y quemaduras, la exposición repetida puede ocasionar dermatitis. El cloro puede causar congelamiento en la parte del cuerpo expuesta.	<p>Bañarse inmediatamente en forma prolongada (no menos de 20 minutos). En caso de congelamiento utilizar sólo agua tibia, arrópanse con mantas y mantenga a la víctima caliente, si la parte afectada son los dedos o manos póngalos en las axilas para que entren en calor. Aliente a la víctima a hacer ejercicio para calentarse.</p> <p>Para evitar el contacto del cloro con la piel, el personal deberá usar guantes industriales de neopreno, PVC, teflón o Kel-F y ropa de protección.</p>
ABSORCION	Aunque ésta vía no es la más común de afectación, bajo un contacto prolongado, el cloro puede ser absorbido por la piel y transmitirse hacia el aparato circulatorio, causando fuertes irritaciones en el cuerpo, incluyendo quemaduras.	<p>En caso de estar en contacto con la sustancia, se deberá lavar con agua corriente por lo menos 20 minutos.</p> <p>Para evitar el contacto del cloro, el personal que entrará en contacto con la sustancia deberá usar guantes, ropa de protección y goggles. Toda la ropa de protección deberá estar limpia, disponible y se deberá quitar al finalizar la jornada de trabajo, utilizando para la siguiente jornada ropa limpia.</p>

**PRIMEROS AUXILIOS RELACIONADOS CON EL MANEJO DE CLORO (continuación)**

VIAS DE ENTRADA	SINTOMAS DEL LESIONADO	PRIMEROS AUXILIOS
<p>INHALACION</p>	<p>El gas cloro es un gran irritante respiratorio y de las membranas mucosas, un pequeño porcentaje en el aire produce fuertes accesos de tos, mientras que una prolongada exposición puede ser fatal; 30 ppm provocan accesos de tos; 40-60 ppm son peligrosas en 30 minutos; concentraciones de 1,000 ppm o más pueden resultar fatales en pocas aspiraciones.</p>	<p>Retírese al paciente hasta un lugar donde el aire esté tibio y puro, manténgase al paciente en reposo y abrigado, no le dé alcohol. Si está consciente, déle café negro o esencia de menta, la leche tibia y la crema lo aliviarán de la irritación de la garganta.</p> <p>Las inhalaciones de vapores con tintura de benzoína compuesta, contribuirán a aliviarle la tos y la dificultad para respirar. Si no respira, aplíquesele respiración artificial, no se usen medios mecánicos de resucitación.</p> <p>Llámesse o consúltese a un médico y en caso de grave exposición llévese el paciente a un hospital.</p> <p>El uso inapropiado de los respiradores puede ser peligroso. Este equipo solamente podrá ser usado únicamente por personal capacitado.</p> <p>Cuando exista exposición sobre 0.5 ppm utilice una mascarilla completa de respiración equipada con un cartucho específicamente aprobado contra el cloro. Si aún con la mascarilla nota irritación de los ojos o percibe olor a cloro retírese del lugar inmediatamente ya es necesario reemplazar el filtro o bien, su mascarilla ya no sirve.</p>

---

**VI MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES. VI-1**

<b>VI.1</b>	<b>Medidas de Prevención y Mitigación propuestas</b>	<b>VI-2</b>
<b>VI.2</b>	<b>Plan de Contingencia</b>	<b>VI-18</b>
<b>VI.3</b>	<b>Procedimiento especial de combate de incendio</b>	<b>VI-18</b>

## VII PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

### VII.1 PRONÓSTICO DEL ESCENARIO

El manantial de la Mintzita es el segundo manantial en importancia dentro del Estado de Michoacán, su caudal es destinado para consumo humano para aproximadamente el 30% de la población de la Ciudad de Morelia. Además, es una fuente de abastecimiento para la industria papelera CRISOBA, adyacente al vaso del manantial.

Pese a la importancia que tiene la aportación del recurso para abastecimiento de la población de Morelia, los manantiales que conforman La Mintzita, juntamente con el vaso, se han visto seriamente afectados por el descuido, la existencia de descargas de agua residuales, la presencia de asentamientos irregulares, las actividades humanas como lavado de ropa, aseo personal y agostadero de ganado han contribuido a la degradación del recurso, lo que, no solo ha afectado la cantidad, sino la calidad de este recurso natural, afectando directamente a las comunidades biológicas y poniendo en riesgo incluso la salud pública de quienes consumen este líquido vital.

Asegurar el abasto doméstico, industrial, agrícola y demás usos, requerirá de basarse en una percepción de que el agua es parte integrante de un ecosistema, es un recurso natural, es un bien social y es un bien económico.

Si bien el decretar el área protegida persigue la recuperación del sitio, su conservación y mantener el agua en cantidad y calidad para poder ser abastecida, por la naturaleza de la fuente y las restricciones para su captación, es de preverse que persistan problemas de mala calidad, como sólidos, color y olor, sobre todo en determinadas épocas del año, por lo que se considera necesario construir en esta zona una planta potabilizadora, cuya finalidad sería garantizar, bajo cualquier circunstancia a lo largo del año, que el agua cumpla con las condiciones de calidad que se requieren para su uso y consumo.

El origen del área protegida es debido al servicio ambiental que ofrece el área en cuanto a la capacidad de recarga de agua y con ello garantizar el agua del manantial para abastecimiento, por lo que el proyecto no se contrapone a lo estipulado ya que se protege el área para garantizar el abastecimiento y con el proyecto se garantiza la calidad de dicho abastecimiento.

El documento indica que en el área de la Mintzita no se permitirá la ejecución de obras públicas o privadas que afecten el equilibrio ecológico del lugar. Por lo cual se deberán tomar medidas preventivas y de mitigación para no afectar el medio, situación que se persigue con el presente trabajo.

Es preciso indicar que en el sitio donde se pretende llevar a cabo la obra, la vegetación ha sido eliminada prácticamente en su totalidad para dar paso a actividades agrícolas, y éstas han dejado de llevarse a cabo ya que es uno de los terrenos más afectados ya que esta sujeto a inundación a causa de lo somero del nivel freático y por el alto remanso de la toma actual.

El proyecto contribuirá a bajar un poco el nivel del agua en el punto de captación con lo que se disminuiría el problema de los agricultores de la zona, que se quejan de que la captación actual provoca que los niveles freáticos en sus terrenos sean muy superficiales y les afecten a sus cosechas.

En términos generales, no existen acciones tendientes a provocar un desequilibrio mayor en el ecosistema el cual ha sido modificado por el hombre previamente, sin embargo el hecho de no llevar a cabo el proyecto se pone en peligro el abastecimiento de agua potable para la Ciudad de Morelia y sobre todo que la calidad del recurso es amenazada por los diversos factores antes mencionados y que podrían poner en riesgo la salud poblacional favoreciendo epidemias tan severas como gastroenteritis, cólera, entre otras, causadas por consumo de agua con calidad por debajo de lo estipulado en la normatividad vigente.

## VII.2 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El programa de vigilancia ambiental, se establece una vez que son identificadas las ocurrencias de impactos severos o críticos a causa de la implementación del proyecto.

Debido al tipo de proyecto, a su interacción con el medio, a los impactos detectados que en su mayoría fueron moderados, sin embargo se detectó la estabilidad del sitio como un impacto severo, por lo que se precisa de un programa de monitoreo que supervise este factor. Esto sin duda se debe a la falta de capacidad del suelo reportado por el estudio de mecánica de suelos.

Es necesario que el responsable de la obra lleve a cabo la vigilancia ambiental de este factor en particular desde el comienzo de las obras hasta verificar que el comportamiento de las estructuras construidas sea el adecuado. Por lo que se deberá llevar a cabo las siguientes actividades:

- Verificar que la cimentación propuesta en el proyecto ejecutivo sea a base de losa de cimentación rígida con contratraveses o en su defecto cimentación profunda a base de pilotes. O en su defecto que se cuente con los estudios pertinentes que sirvan como soporte a otra solución y siempre considerando la capacidad de carga del suelo reportada en dicho estudio.
- Supervisar que las excavaciones se realicen por etapas con la finalidad de evitar la existencia de expansiones del fondo de las excavaciones, así como desplazamientos laterales de las paredes de la excavación.
- Supervisar durante la preparación del sitio y construcción, la estratificación del suelo, en caso de que esta sea diferente a la presentada en los sondeos mixtos y pozos a cielo abierto reportada en los estudios de mecánica de suelos, se deberán tomar las precauciones correspondientes, inclusive suspender la obra para la realización de estudios específicos y en su caso realizar las modificaciones correspondientes para garantizar la seguridad de las estructuras.
- En caso de que existan dudas acerca de la existencia de elementos geológicos como fallas y fracturas en el sitio donde se desarrollará el proyecto, será necesario que se realice un estudio geofísico que compruebe o elimine la existencia de éstos y se

garantice la seguridad del sitio y la compatibilidad del diseño realizado en el proyecto ejecutivo.

De manera general se deberá establecer un programa que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas de mitigación y prevención contenidas en el presente estudio de impacto ambiental y adecuado de acuerdo al programa de obra determinado en base a la licitación realizada; y que las medidas preventivas, de mitigación y compensación se apliquen correctamente y sean suficientes de manera que los niveles de impacto estén siempre por debajo de los considerados críticos. Dicho programa tendrá como objetivos los que se enumeran a continuación:

Supervisar que, en relación con el medio ambiente, la ejecución de la obra se realice según el proyecto y de acuerdo a las condicionantes en el momento de su autorización.

- Determinar la eficacia de las medidas de protección ambiental.
- Verificar la exactitud y corrección de la evaluación del impacto ambiental realizada.
- El programa ambiental deberá cumplir cuando menos las siguientes funciones:
- Comprobar en el terreno que las medidas de mitigación propuestas se aplican y de manera correcta.
- Comprobar en el terreno los efectos del desarrollo del proyecto y verificar si éstos se ajustan a lo previsto. Esto permitirá corregir las medidas propuestas en caso de ser necesario.
- Verificar la ocurrencia de impactos.
- Procesar la información correspondiente a la efectividad de medidas de mitigación propuestas de manera que permita conocer su calidad y oportunidad así como detectar sus carencias e imperfecciones.

La supervisión ambiental cobra gran importancia puesto que podrá detectar impactos no previstos durante la ejecución y operación del proyecto, antes de que estos sean irremediables, permitiendo implementar sus medidas correctoras correspondientes una vez que se detecten.

### VII.3 CONCLUSIONES

El Ayuntamiento de la ciudad de Morelia a través del Organismo Operador de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Morelia (OOAPAS) está implementando el proyecto de ampliación del abastecimiento de agua potable a la ciudad de Morelia. Dentro de estas obras está el incremento de la capacidad de conducción del acueducto de captación del agua de la presa de La Mintzita, por lo que se deberá realizar el proyecto y construcción de la Potabilizadora La Mintzita con el objetivo de potabilizar un caudal promedio de 1.5 m<sup>3</sup>/s.

El terreno seleccionado para ubicar la Potabilizadora de la Mintzita se encuentra al Suroeste de la ciudad de Morelia, cerca de la presa La Mintzita, en las inmediaciones de la obra de toma de CRISOBA, en donde recibirá el agua por gravedad por lo que al inicio se deberá tener una obra de toma y una planta de bombeo. El sitio de estudio se ubica dentro de la zona declarada protegida, con todas las restricciones normativas de este tipo de áreas ecológicas.

El motivo de la protección del manantial de La Mintzita, es la protección del recurso agua que abastece a la capital del Estado, así como garantizar las condiciones óptimas de salud para la población, por lo que el proyecto no se contrapone a lo estipulado ya que se protege el área para garantizar el abastecimiento y con el proyecto se garantiza la calidad de dicho abastecimiento.

Por la naturaleza de la fuente y las restricciones para su captación, es de preverse que persistan problemas de mala calidad, como sólidos, color y olor, sobre todo en determinadas épocas del año, por lo que se considera necesario construir en esta zona una planta potabilizadora, cuya finalidad sería garantizar, bajo cualquier circunstancia a lo largo del año, que el agua cumpla con las condiciones de calidad que se requieren para su uso y consumo.

La construcción de la Planta Potabilizadora ofrecerá la posibilidad de contar con el caudal necesario para abastecer a la ciudad de Morelia y con calidad tal que cumpla con la normatividad aplicable para consumo humano.

El proyecto implicará una mejor calidad de vida, con lo que se espera una disminución de enfermedades por falta de higiene, disminución de fauna nociva, consecuentemente paisaje y ambiente, entre otras.

La obra impactará positivamente a la economía regional debido a que el proyecto generará fuentes de trabajo en las etapas de planeación, preparación del sitio, construcción y operación.

Es preciso indicar que en el sitio donde se pretende llevar a cabo la obra, la vegetación ha sido eliminada prácticamente en su totalidad para dar paso a actividades agrícolas, y éstas han dejado de llevarse a cabo ya que es uno de los terrenos más afectados ya que esta sujeto a inundación a causa de lo somero del nivel freático y por el alto remanso de la toma actual.

Los suelos están constituidos principalmente por arcillas y arcillas arenosas de consistencias suaves a semicompactas presentando características de suelos expansivos, por lo que es imprescindible garantizar la estabilidad de las estructuras y nunca sobrepasar la capacidad de carga del suelo para no ponerlas en riesgo.

Durante la construcción del proyecto no se removerá la maleza y capa vegetal, a menos de que sea demasiado grande, solo aquellas que constituyan un arbusto o que sean pastos muy grandes. El objeto de conservarlos es que esa vegetación actúa como un geotextil natural como refuerzo del subsuelo.

En base a los suelos encontrados en el estudio de mecánica de suelos, las cimentaciones que se recomiendan en éste para el desplante de las estructuras de la planta, es a base de



losa de cimentación rígida con contratraves o en su defecto cimentación profunda a base de pilotes.

Si durante la etapa de construcción se encuentra una estratificación del subsuelo, diferente a la presentada en los sondeos mixtos y pozos a cielo abierto, se deberá informar al responsable de obra, para que tome las precauciones correspondientes y en su caso ordene los estudios pertinentes para garantizar la seguridad del sitio.

Durante la etapa de construcción, existe la posibilidad de contaminar la escorrentía superficial, el suelo y con ello posiblemente los cuerpos de agua, por la inadecuada disposición de residuos, por infiltración o percolación de combustibles derramados accidentalmente y por la práctica de defecación al aire libre, así como por las actividades propias de la construcción, por lo que será necesaria una estrecha supervisión en el manejo adecuado de éstos y que se aplique la normatividad vigente respectiva.

Para evitar la contaminación por emisiones a la atmósfera proveniente del equipo de construcción, se deberá garantizar que tengan un funcionamiento mecánico adecuado y que se encuentren en buen estado. Las unidades de maquinaria y equipo que se empleen deberán estar en excelentes condiciones, si durante la construcción o etapa de mantenimiento presentan deficiencias, el contratista estará obligado a retirarlas reemplazándolas por otras en condiciones óptimas.

La operación de la Planta Potabilizadora deberá apearse a la normatividad aplicable, a vigente así como en el manual de operación y mantenimiento, así como en las recomendaciones que cada fabricante señale para piezas especiales y equipo otorgue, con el fin de garantizar su óptima operación.

Para el proceso de tratamiento se requerirá la utilización de productos químicos como son los polímeros y cloro para el sistema de desinfección y debido a que la cantidad de almacenamiento de este último rebasa la cantidad de reporte, se define al proceso como una actividad altamente riesgosa.

El manejo de cloro utilizado para el proceso de desinfección, debe tener precauciones especiales ya que puede llegar a causar hasta la muerte si el contacto es prolongado ó en concentraciones mayores, en presencia de humedad se vuelve corrosivo por lo que una falla pequeña no atendida puede convertirse en un problema mayor.

El cloro reacciona con todos los componentes químicos del suelo formando cloruros que dependiendo de su solubilidad son fácilmente lavados con agua. Un derrame de cloro líquido pudiera congelar temporalmente la zona del suelo afectado. Por otro lado el cloro es altamente tóxico para los seres vivos.

Las fallas de mayor incidencia en donde está involucrada dicha sustancia, son por fugas en las conexiones de tuberías, válvulas y accesorios, siendo las más comunes cuando se conecta o desconecta una tubería flexible o manguera.

Por lo que se deben llevar a cabo programas de mantenimiento preventivo y correctivo adecuados a las instalaciones de la Planta Potabilizadora, revisiones periódicas de su estado de conservación y una buena operación basada en una capacitación efectiva del personal encargado, con lo que presumiblemente se minimizan los riesgos.

Evidentemente, los trabajadores dentro de la Planta Potabilizadora, en caso de un evento no deseado, podrán sufrir daños físicos y peligros ocasionados por la presencia de gases o vapores tóxicos. Aunque también cabe mencionar que muchos de los accidentes se deben principalmente a descuidos y a la falta de disciplina, lo que se puede evitar implementando un reglamento de seguridad interno para prevenirlos.

El personal que labore en la Planta Potabilizadora deberá hacer uso del equipo de protección personal de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2001, el cual comprenderá de mascarillas, guantes, mandil, goggles y botas.

Dentro de las instalaciones de la Planta Potabilizadora se deberá contar con señalamientos referentes al tipo de equipo de protección requerido para el personal de acuerdo al área de trabajo que labora, así como avisos y señales precautorias, informativas y restrictivas bajo el marco normativo de las Normas Oficiales Mexicanas NOM-026-STPS-1998.

El personal que este en contacto con el cloro deberá bañarse inmediatamente después de haberlo usado, asimismo las ropas y el equipo utilizado deben lavarse inmediatamente. Deberá haber regaderas de emergencia para ser usadas en caso de que existiera contacto del cloro con piel u otro órgano del cuerpo de los trabajadores.

Será necesario que dentro de la Planta Potabilizadora se cuente con equipo de Aire Autónomo de Presión Positiva (SCBA), como esta previsto en el proyecto ejecutivo, el cual proporciona una presión o un flujo positivo constante de aire dentro de la careta, aún si alguien inhala profundamente mientras está haciendo el trabajo pesado. Se deberán usar aparatos certificados por NIOSH. Deberá usarse de acuerdo con los requisitos para la protección respiratoria especificados en las Normas de Operaciones de Respuestas de Emergencia en Sitios de Materiales Peligrosos de la OSHA (CFR 29 1910.120) y/o la Norma de Brigadas contra Incendio (CFR 29 1910.156).

Se deberán identificar los equipos que estén relacionados con el manejo de cloro y las tuberías que lo conduzcan, debiendo ser reconocidas y pintadas de color amarillo de acuerdo a la NOM-026-STPS-1998.

Se deberán instalar extintores conforme a lo estipulado en la NOM-002-STPS-2000, Condiciones de Seguridad-Prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.

Ninguna persona podrá comer, beber bebidas embriagantes, ni fumar dentro de las instalaciones de la Planta Potabilizadora, por lo que deberá estar estipulado dentro del manual operativo correspondiente. Es imprescindible que el personal que labore en ella se lave las manos antes de ingerir cualquier alimento y que se cambie de ropa una vez terminada la jornada de trabajo. Por el riesgo que es el operar con aguas negras todos los empleados deberán estar previamente vacunados contra difteria y tétanos.

Se debe informar a los trabajadores involucrados en la obra las medidas de mitigación propuestas y concientizarlos de la importancia de llevarlas a cabo para no contribuir a la degradación del ambiente.

Será necesario verificar la calidad del agua del efluente de la Planta Potabilizadora con la finalidad de garantizar que la calidad del agua que será abastecida para consumo humano cumpla con los parámetros y calidad señalados en la normatividad aplicable.

Como se puede apreciar en la etapa de operación y mantenimiento el manejo de químicos especialmente de cloro pueden alterar enormemente el ambiente en caso de no llevar una gestión adecuada en su manejo. Por lo que es primordial llevar a cabo las medidas de mitigación, prevención y seguridad correspondientes.

El origen del decreto del área natural protegida decreto persigue la recuperación del sitio, su conservación y mantener el agua en cantidad y calidad para poder ser abastecida, por lo que el proyecto no se contrapone a lo estipulado ya que se protege el área para garantizar el abastecimiento y con el proyecto se garantiza la calidad de dicho abastecimiento. Debiéndose tomar en cuenta las medidas preventivas y de mitigación presentadas en el presente estudio con la finalidad de no mermar la calidad ambiental imperante en la zona y evitar que con las obras se dañe la calidad ambiental que impera en la zona.

De acuerdo a la evaluación de impactos susceptibles de ocurrir, la mayoría de éstos son de carácter moderado por lo que de manera global el proyecto causará un Impacto Moderado.

En términos generales, no existen acciones tendientes a provocar un desequilibrio mayor en el ecosistema el cual ha sido modificado por el hombre previamente, sin embargo el hecho de no llevar a cabo el proyecto se pone en peligro el abastecimiento de agua potable para la Ciudad de Morelia y sobre todo que la calidad del recurso es amenazada por los diversos factores antes mencionados y que podrían poner en riesgo la salud poblacional favoreciendo epidemias tan severas como gastroenteritis, cólera, entre otras, causadas por consumo de agua con calidad por debajo de lo estipulado en la normatividad vigente.

## VII.4 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. "LEY DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE DEL ESTADO DE MICHOACÁN". Publicado en el Diario Oficial del Estado el 13 de abril del 2000.
2. "LEY GENERAL DE EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE", Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, Diario Oficial 28-01-88 y reformas a la misma publicadas en el Diario oficial del 13-11-96.
3. REGLAMENTO DE LA LEY DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE DEL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO". Publicado en el Periódico Oficial del Estado el 17 de mayo del 2004.
4. "XII CENSO GENERAL DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2000", Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
5. "ANUARIO ESTADÍSTICO DEL ESTADO DE MICHOACÁN 2004", INEGI.
6. "ESTADÍSTICAS DEL MEDIO AMBIENTE", México 1997, INEGI.
7. "MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES", Instituto de Investigaciones Eléctricas, Comisión Federal de Electricidad.
8. "INGENIERÍA AMBIENTAL", Gerard Kiely; Editorial Mc. Graw Hill, 1999
9. "INGENIERÍA AMBIENTAL: CONTAMINACIÓN Y TRATAMIENTOS", Ramón Sans Fonfría, Joan de Pablo Ribas, Colección Productiva, Editorial Marcombo.
10. "MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES", Instituto de Investigaciones Eléctricas, Comisión Federal de Electricidad.
11. "CHLORINATION OF WASTEWATER, MANUAL OF PRACTICE NO. 4", Subcommittee on Chlorination of wastewater, Water Pollution Control Federation, 1976
12. "PURIFICACIÓN DE AGUAS Y TRATAMIENTO Y REMOCIÓN DE AGUAS RESIDUALES" Fair, Sélter y Okun, Editorial Limusa, 1981.
13. "MEDIO ACUÁTICO" Centro de estudios superiores, Foro Europeo de Promoción y Desarrollo Formativos, S.L., Promociones Informativas Formativas, S.A., 1998.
14. "GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL", V. Conesa Fernández y Vitora, Ediciones Mundi-Prensa, 1997.
15. "IMPACTO AMBIENTAL", Vázquez A., César E., IMTA-UNAM. 1994.
16. "EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL", Memorias del curso impartido por la División de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería, UNAM.

17. "DIPLOMADO EN SISTEMA DE CONTROL DE RESIDUOS MUNICIPALES", Memorias del Diplomado impartido por la División de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería, UNAM. 1995.
18. "ATLAS NACIONAL DE MÉXICO", Instituto de Geografía, UNAM. 1990
19. "SÍNTESIS GEOGRÁFICA, NOMENCLÁTOR Y ANEXO CARTOGRÁFICO DEL ESTADO DE MICHOACÁN", Secretaría de Programación y Presupuesto.
20. "MEDIDA Y CONTROL DE RUIDO", Juan Ochoa Pérez y Fernando Bolaños, Colección Productiva, Editorial Marcombo.
21. "LA CONTAMINACIÓN Y SUS EFECTOS EN LA SALUD Y EL AMBIENTE", Julio Flores, Sergio López y Lilia Albert, Centro de Ecología y Desarrollo.
22. "MODIFICACIONES AL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN", Enriqueta García, México 1988.
23. "CATÁLOGO DE LA BIODIVERSIDAD DE MICHOACÁN", SEDUE; Gobierno del Estado de Michoacán, México. 2000.
24. "GEOLOGÍA APLICADA", Puig de la Parra, J.B., editorial sin referencia, México D.F.
25. "VEGETACIÓN DE MÉXICO", Jerzy Rzedowski, Editorial Limusa, 1978.
26. "Tesis de licenciatura Estadios y reproducción de *Xenotoca variata* de la presa la Mintzita 2003 Biol. Carlos Ignacio Salazar.
27. Revista Científica Tomo III U.M.S.N.H. 2003 Mamíferos de Michoacán.
28. Listado de aves de Michoacán U.M.S.N.H. Biol. Francisco Méndez, Biol. José Fdo. Rodríguez
29. "MANUAL DE RENDIMIENTO DE LOS PRODUCTOS CATERPILLAR", CAT, Illinois E.U.A. 1980.
30. "2004, GUÍA DE RESPUESTA EN CASO DE EMERGENCIA", Departamento de transportes de Estados Unidos, Administración de Estudios y Programas Especiales; Transporte de Canadá, Seguridad Materiales Peligrosos; Secretaría de Comunicación y Transporte.

VII	PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	VII-1
VII.1	PRONÓSTICO DEL ESCENARIO .....	VII-1
VII.2	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL .....	VII-2
VII.3	CONCLUSIONES .....	VII-3
VII.4	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	VII-8

## **I DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**

### **I.1 PROMOVENTE**

#### **I.1.1 Nombre o Razón Social.**

#### **PLANTA POTABILIZADORA DE LA MINTZITA EN MORELIA, MICHOACÁN**

ORGANISMO OPERADOR DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE MORELIA (OOAPAS)

Acuerdo legislativo de creación publicado el 12 de junio de 1995 en el periódico oficial del Estado, documento incluido en el Anexo "Documentos Legales".

#### **I.1.2 Registro Federal de Contribuyentes**

**DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG**

#### **I.1.3 Nombre y cargo del Representante Legal**

**DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG**

Nombramiento mediante acta de la Junta de Gobierno Del Organismo Operador de fecha 14 de enero de 2005, incluida copia en el Anexo Documentos Legales.

#### **I.1.4 Registro Federal de Contribuyentes y Cédula Única de Registro de Población del Representante Legal**

DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG

DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG

#### **I.1.5 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones.**

DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG

#### **I.1.6 Actividad productiva principal.**

En el artículo 3 del acuerdo legislativo de creación publicado el 12 de junio de 1995, se señalan los objetivos de creación, entre los cuales destacan los siguientes:

Prestar el servicio público de de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en la ciudad de Morelia y en el Municipio en coordinación con las juntas Locales Municipales de su dependencia.

Realizar las obras públicas hidráulicas respectivas por sí o a través de terceros, de conformidad con las normas establecidas en la Ley de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Estado de Michoacán.



### **I.1.7 Número de trabajadores equivalente**

En la actualidad se encuentra en licitación el proyecto por lo cual el programa de ocupación del personal definitivo no se tiene hasta que OOAPAS determine el ganador de dicha licitación y pase el tiempo en que pueda haber inconformidades por parte de los licitantes no ganadores, sin embargo para la construcción de la planta potabilizadora se pretende ocupar en promedio a 50 empleados.

Para la etapa de operación, presumiblemente la plantilla de personal podría estar integrada por 20 empleados, situación que se definirá una vez que se cuente con el manual de operación de la planta.

### **I.1.8 Inversión estimada en moneda nacional.**

El total de la inversión requerida asciende a \$ 112,909,005.90 ( Ciento doce millones novecientos noventa y nueve mil cinco pesos 90/100 M.N)

Los costos por operación y productos anualmente considerando la nomina de 25 personas en la parte operativa y los productos químicos asciende a \$ 3,393,932.48 ( Tres millones trescientos noventa y tres mil novecientos treinta y dos pesos 48/100 M.N.)

Los costos por Operación y Mantenimiento considerando un volumen mensual de 2,008,800 m<sup>3</sup> de agua tratada es de \$ 282,827 ( Doscientos ochenta y dos mil ochocientos veintisiete pesos /100 M.N.)

## **I.2 RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**

### **I.2.1 Nombre ó Razón Social.**

Protección de datos personales LFTAIPG

### **I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes.**

Protección de datos personales LFTAIPG

### **I.2.3 Nombre del responsable de la elaboración del Estudio de Riesgo Ambiental.**

Protección de datos personales LFTAIPG

### **I.2.4 Registro Federal de Contribuyentes, Cédula Única de Registro de Población, y Número de Cédula Profesional del responsable de la elaboración del Estudio de Riesgo Ambiental.**

Protección de datos personales LFTAIPG

Protección de datos personales LFTAIPG

CEDULA PROFESIONAL: Protección de datos personales

Protección de datos personales LFTAIPG

**I.2.5 Dirección del responsable de la elaboración del Estudio de Riesgo Ambiental.**

Protección de datos personales LFTAIPG

I	DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL .....	I-1
I.1	PROMOVENTE .....	I-1
I.1.1	Nombre o Razón Social .....	I-1
I.1.2	Registro Federal de Contribuyentes .....	I-1
I.1.3	Nombre y cargo del Representante Legal .....	I-1
I.1.4	Registro Federal de Contribuyentes y Cédula Única de Registro de Población del Representante Legal .....	I-2
I.1.5	Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones.....	I-2
I.1.6	Actividad productiva principal.....	I-2
I.1.7	Número de trabajadores equivalente.....	I-3
I.1.8	Inversión estimada en moneda nacional.....	I-3
I.2	RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL	I-3
I.2.1	Nombre ó Razón Social.....	I-3
I.2.2	Registro Federal de Contribuyentes.....	I-3
I.2.3	Nombre del responsable de la elaboración del Estudio de Riesgo Ambiental.	I-3
I.2.4	Registro Federal de Contribuyentes, Cédula Única de Registro de Población, y Número de Cédula Profesional del responsable de la elaboración del Estudio de Riesgo Ambiental.....	I-3
I.2.5	Dirección del responsable de la elaboración del Estudio de Riesgo Ambiental.	I-4

## II DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

### II.1 NOMBRE DEL PROYECTO

PLANTA POTABILIZADORA DE LA MINTZITA EN MORELIA, MICHOACÁN.

#### II.1.1 Descripción de la actividad a realizar, procesos, e infraestructura necesaria, indicando ubicación, alcance, e instalaciones que lo conforman.

##### II.1.1.1 Descripción de la actividad a realizar y procesos involucrados

El proyecto consiste en la construcción, operación y manejo de la Planta Potabilizadora, ubicada en el municipio de Morelia.

El Arreglo de Conjunto de la planta potabilizadora se efectuó para un flujo nominal a tratar de 1,500 l/s.

Ya que para el proceso de desinfección se ocupará cloro para lograr la calidad requerida del agua y debido a que en el proceso se establece una cantidad de cloro mayor que las señaladas en la cantidad de reporte (mayor a 1 kg), definida dentro del primer listado de actividades altamente riesgosas publicado en el diario oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990, se considera que la operación de la Planta Potabilizadora corresponderá a una actividad altamente riesgosa por lo que será necesario que se elabore y presente ante SEMARNAT, el presente estudio de riesgo nivel 2 "Análisis de riesgo".para su revisión y posterior dictamen. El estudio de riesgo se presenta para su revisión y posterior dictamen junto con la Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Particular, de la propia Planta Potabilizadora

Con la construcción de la Planta Potabilizadora se persiguen los siguientes objetivos:

- Garantizar la buena calidad del agua que se abastece a la población todo el año.
- Disminuir índices de morbilidad al tener agua de mejor calidad en los cuerpos de agua.
- Mejorar la calidad de vida de la población.

La potabilización se basará en un proceso de clarificación convencional mediante las siguientes operaciones unitarias:

- Dosificación de productos Químicos
- Mezcla
- Floculación
- Sedimentación
- Filtración
- Desinfección final

El caudal de diseño de la Potabilizadora de acuerdo a la Ingeniería Básica de proyecto es de 1.5 m<sup>3</sup> l/s.

Se requerirá la infraestructura siguiente para la operación de la Planta Potabilizadora:

- Obra de toma o captación
- Caja de llegada
- Floculador
- Sedimentador
- Filtros
- Tralf
- Espesador
- Filtro banda
- Tanque de recuperación de agua de lavado de filtros
- Edificio central
- Edificio de dosificación
- Caseta de cloración
- Caseta de vigilancia
- Caseta de sulfato de aluminio
- Caseta de polímeros
- Caseta de sopladores
- Caseta y galería de operación de filtros
- Caseta de la subestación y del CCM
- Cárcamo de agua recuperadora de Lodos

### **Descripción general del proceso:**

Aun cuando el agua es de manantial, debido a la situación de desarrollo urbano de la zona y a las dificultades por preservar la calidad del agua, requiere ser sometida a un proceso de potabilización consistente en dosificación de productos químicos, mezcla, floculación, sedimentación filtración y desinfección.

#### **• Captación**

Se tendrá un solo sitio de captación cerca del último afloramiento, en el que se captaría mediante un canal con rejillas que permitiera evitar la entrada de lirio u otros objetos de regular tamaño, que pudieran afectar las bombas que se tienen al final de la captación.

#### **• Cribas de Filtración**

Estas cribas de cartucho de encuentran en la descarga de la Planta de bombeo Existente y al potabilizar el agua en forma estos filtros ya no tendrían ningún objetivo que cumplir en ese sitio, por lo que se colocarán antes de la caja de entrada a la potabilizadora.

- **Caja de Mezcla**

Esta caja tendrá por objeto recibir el agua de la planta de bombeo y los productos químicos que se dosificarían en la entrada de la potabilizadora.

De acuerdo a las pruebas de tratabilidad es necesario dosificar sulfato de aluminio y polímero en la entrada del agua.

Con la finalidad de proteger los tanques de proceso del crecimiento de algas en sus paredes, se adiciona cloro también en ese punto.

La mezcla se hace en una caja vertedora a la que llega el agua mediante una tubería de 1.22 de diámetro, se tiene un vertedor de 2m de longitud. El gradiente que se presenta en el vertedor es de  $2,000^{-1}$

En esta estructura se tiene una línea de demasías para cuando se cierre la entrada.

- **Floculadores**

En estos tanques se trata de formar flóculos cada vez de mayor tamaño mediante la agitación lenta del agua, es decir en un principio se tiene una mayor agitación, la cual se va disminuyendo para ir formando flóculos cada vez de mayor tamaño.

Esta sería una operación que se realizaría en forma hidráulica, es decir se produciría la agitación por flujo en zigzag dentro de tanques de concreto equipados con mamparas de plástico para producir ese efecto.

Se propone tener un modulo para tratar los  $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ . El modulo se tendría con 2 floculadores, cada uno para  $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Se tendrán 4 cámaras de floculación, cada una con un tiempo de retención 5 min (300 seg) los gradientes que se pretenden serán descendientes en secuencia de: 60, 45, 30 y  $30 \text{ s}^{-1}$ .

Cada cámara tendrá unas dimensiones de 4m de profundidad, 3.75m de ancho y 14.8m de largo.

Para producir los gabinetes se utilizará la energía del agua, por el tipo será hidráulico, de flujo horizontal, es decir tendrán mamparas que harán que el agua escurra en zigzag.

Se proponen mamparas de plástico montadas con perfiles estructurales, que permitirán en un momento dado cambiar la separación para variar los gradientes.

- **Sedimentadores**

Los sedimentadores son estructuras en que se da una cierta calma al agua para que los sólidos que se formaron en el floculador se decanten por su peso mayor que el del agua. Con la finalidad de mejorar la sedimentación se utilizan módulos de plástico para que en la parte alta se tenga un flujo guiado de forma laminar y de esa manera aumentar la eficiencia de sedimentación.

Los lodos que se producen al sedimentarse los sólidos en el fondo se deberán retirar para ser procesados al deshidratarlos y disminuir su volumen. Esta es una operación para la que se deberá seleccionar el equipo en forma adecuada, ya que es muy delicada esta actividad.

La sedimentación será del tipo acelerada, mediante módulos tubulares, la tasa superficial equivalente con la que se diseñó fue de 147 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d, lo cual queda dentro de las recomendaciones de la literatura especializada, por ejemplo Kawamura específica de 120-211 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d y además es lo que recomiendan los fabricantes de los módulos.

El módulo de 1.5 m<sup>3</sup>/s tendrá 4 sedimentadores para 0.375 m<sup>3</sup>/s cada uno, con un ancho de 7.2 m y una longitud de 40.35 m, se tendrá un tramo inicial de 10 m de longitud en el que no se tendrán ni placas para acelerar la sedimentación, ni canaletas de efluente, para tener una primera zona de sedimentación horizontal, posteriormente se tienen 30.35 m con placas y canaletas.

El paso de la zona sin módulos a la zona de módulos es por la parte baja del tanque, para pasar de una zona a otra se tiene una mampara que baja 1.05 m del nivel más bajo de los módulos tubulares, lo anterior es con el objeto de que los lodos tiendan a irse por la parte baja del tanque y se extraigan más fácilmente.

Por cada sección de 7.2 m de ancho se tendrá un Clari-Trac formado por 2 tuberías transversales perforadas que recorrerán cada una la mitad de la longitud del tanque, cada una se conectará a una tubería flexible y ambas tuberías flexibles se conectarán a una tubería fija que estará sostenida por el muro en la parte izquierda del tanque.

- **Filtros**

Los filtros son la operación fundamental en una potabilizadora, por lo que se deberán diseñar en forma detallada, utilizando la tecnología más moderna pero tomando en cuenta la experiencia nacional a este respecto, bajo las recomendaciones de la Comisión Nacional del Agua.

En general se recomienda utilizar filtros de medio dual de arena y antracita. El lavado se recomienda de tipo mutuo, cuya fuente de agua para lavar un filtro es por gravedad, utilizando el agua que producen los otros filtros que no se están lavando. .

Lo anterior se logra mediante el adecuado manejo de los niveles hidráulicos, pero en este caso se tienen filtros de mayores alturas que los que se tienen cuando se lavan con bombas auxiliares.

Otra modalidad operativa que se utiliza es la utilización de filtros de tasa declinante, que consiste en que el agua se deja entrar a todos los filtros en forma libre, sin control de caudal, lo cual se logra teniendo poca pérdida de carga en la entrada y haciendo esta descarga a un nivel inferior al mínimo de funcionamiento de los filtros.

Con esta forma de funcionamiento los filtros tienen aproximadamente el mismo nivel independientemente de su ensuciamiento, por lo que la secuencia de la lavado de los diferentes filtros se tendrá que hacer por orden, es decir en el momento que se requiera se lavará el filtro que tenga más tiempo sin lavarse y así sucesivamente en intervalos definidos por el incremento de nivel en todos ellos.

El agua de todos los sedimentadores se junta en un canal que se encuentra al final de los sedimentadores y consiste de un canal transversal al módulo que escurre de las orillas hacia el centro con sentidos encontrados para coincidir al centro donde se tendrá una zona de mezclado para dosificar polielectrolito.

Para hacer la filtración se proponen filtros de tasa declinante y de medio dual formado por 50 m de espesor de antracita y 25 cm de espesor de arena.

El módulo de 1.5 m<sup>3</sup>/s tendrá 6 filtros para un caudal promedio de 0.250 m<sup>3</sup>/s cada uno.

Cada filtro está formado por una cámara con dos secciones y un canal central de retrolavado. Los filtros son de tasa declinante y el fondo utilizado es de tipo Leopold para retrolavado con agua y aire.

El agua de retrolavado se hace por gravedad con el agua que filtran los otros 5 filtros que siguen trabajando, el agua entra por el mismo ducto por el que sale el agua filtrada cuando están en esa fase de operación, a ese mismo ducto entra el aire para el retrolavado, para posteriormente entrar al filtro a través del bajo fondo Leopold para repartirse a lo largo y ancho del filtro.

- **Desinfección Final**

La desinfección se realizará con cloro gas, debido al menor costo que representa con relación a otros desinfectantes.

Para lo anterior se deberá disminuir los riesgos mediante provisiones de seguridad en las instalaciones, de acuerdo a las normas existentes al respecto.

- **Recuperación de Agua de Lavado de Filtros**

En una planta de este tipo el agua que se utiliza para retrolavar los filtros representa una cantidad considerable, del orden del 6% del caudal nominal, en general es agua con una pequeña cantidad de sólidos.

Para recuperar la mayor parte de esa agua se tendrá un tanque de sedimentación simple con tolvas a todo lo largo y ancho de operación intermitente; es decir se llenará, se dejará reposar el agua un cierto tiempo, se bombeará el sobrenadante y los lodos que quedan en el fondo de las tolvas se bombearán a un sistema de espesado.

El diseño de las instalaciones de recuperación de agua de lavado de filtros se basará en la secuencia de lavado que se proponga para el lavado de los filtros y su frecuencia.

a) Secuencia de Lavado de Filtros

Nos referiremos a los filtros del Módulo que se propone construir, que consta de 6 filtros con un área de 72 m<sup>2</sup>, de tasa declinante, lavados con agua y aire, el agua de lavado se envía desde el tanque de aguas claras de este módulo y el aire desde un soplador localizado en la galería de operación de los filtros.

La velocidad de filtración media es 300 m/d, la velocidad de retrolavado 1,175 m/d y la velocidad de aire de lavado 73.2 m/h.



Los filtros de tasa declinante de un mismo módulo funcionan aproximadamente con los mismos niveles del agua dentro del tanque a un tiempo dado, lo anterior se logra teniendo poca limitante de gasto en el elemento de entrada, es decir con poca pérdida, por lo que la limitante al caudal que pasa por un filtro es la pérdida que se tiene en el medio filtrante al irse tapando.

Al tener aproximadamente los mismos niveles del agua, quiere decir que el más limpio estará filtrando el mayor caudal y el que esté más sucio el menor caudal, los intermedios conforme a su ensuciamiento filtrarán un caudal entre el máximo y el mínimo. El lavado de cada filtro se hace lavando el que haga más tiempo que no se haya lavado y así siguiendo una secuencia de orden establecido para todos los filtros.

Al lavar un filtro quiere decir que ese filtro era el más sucio y por lo tanto el que estaba filtrando menos, al lavarlo se incrementa el caudal de filtrado y baja en todos los demás esto hace que baje el nivel del agua en todos los filtros, en ese momento se tiene el nivel más bajo del agua, conforme pasa el tiempo el nivel se incrementa poco a poco dado que todos los filtros se van ensuciando, hasta alcanzar nuevamente el nivel máximo, en ese momento es necesario lavar nuevamente un filtro y se toma el que siga en el orden establecido.

Cada filtro cuenta con 6 válvulas que seccionan las entradas y salidas de agua o aire que se requieren para operar el filtro:

- a) Se tiene una compuerta de entrada de agua a la que se le denomina EAG.
- b) La salida del agua filtrada es por la válvula SAF.
- c) Se tiene una válvula de salida de agua de retrolavado denominada SAL.
- d) Se tienen dos compuertas de desagüe del filtro abajo del nivel de canaleta de agua de lavado que también se opera durante la secuencia para hacer el retrolavado denominadas DES1 y DES2.
- e) La entrada del aire para ayudar en la operación de agitación del medio filtrante y ahorrar agua para el retrolavado se denomina EAI.
- f) La entrada del agua de lavado se hace con la misma válvula de salida de agua filtrada SAF.
- g) La purga del aire que queda atrapado en el filtro se hace con la válvula Palo

La secuencia de lavado propuesta es la siguiente:

1. En la etapa de funcionamiento normal, es decir cuando el agua se está filtrando en todos los filtros se tienen abiertos la compuerta EAG y la válvula SAF y cerradas todas las demás.
2. Cuando el nivel de todos los filtros alcanza el máximo, se selecciona el filtro que le toca lavarse de acuerdo al orden de limpieza de filtros que se lleve, el filtro seleccionado debe ser el que lleve más tiempo sin lavarse.
3. En ese filtro se cierra la compuerta EAG.

4. En ese filtro se cierra la válvula SAF.
5. Se abre la válvula SAL.
6. Se abren las compuertas DES1 y DES2.
7. Se espera hasta que el agua alcanza el nivel 50 cm arriba de la superficie superior de la antracita.
8. Se cierran las compuertas DES1 y DES2.
9. Para iniciar el lavado con aire únicamente, se arranca un soplador de lavado de filtros y se abre su válvula respectiva.
10. Se abre la válvula de filtro EAI.
11. Se espera un tiempo de 5 minutos.
12. Para iniciar el lavado con agua y aire se abre a la mitad la válvula de entrada de agua de lavado SAF para que el flujo sea en sentido contrario al de filtración.
13. Con agua y aire se espera un tiempo de 2 minutos aproximadamente, sin que llegue el agua a la canaleta de lavado, para no perder antracita, ya que con agua y aire la expansión es muy fuerte.
14. Se cierra la válvula EAI.
15. Se apaga el soplador que se arrancó y se cierra su válvula.
16. Se abre la válvula PAI durante 1 minuto o hasta que deje de salir aire.
17. Se abre completamente la válvula SAF para que entre toda el agua de lavado.
18. Se cierra la válvula PAI
19. Se espera un tiempo de 8 minutos o hasta que el agua de retrolavado se vea limpia como el agua filtrada, esto quiere decir que ya se arrastró la suciedad que se retuvo en los filtros.
20. Se cierra la válvula EAL y se apaga la bomba de lavado.
21. Se abre la compuerta EAG y se verifica hasta que se establezca el nivel semejante a los otros filtros.
22. Se verifica que en ese filtro se tengan abiertas únicamente la compuerta EAG y la válvula SAF y se tengan todas las otras cerradas.

## b) Carrera de Filtración

La carrera de los filtros esperada en La Mintzita, la mayor parte del tiempo estará entre 24 y 36 horas, las instalaciones de recuperación de agua deben hacerse para carreras más cortas, en este caso se considerará una carrera de 12 horas, esto representa que para los 6 filtros que forman el Módulo se tendrían 2 lavados por día de cada filtro, es decir en un día se tendrían 12 lavados de filtro, uno cada 2 horas.

Si tomamos en cuenta que por la secuencia de lavado se tendría la descarga del agua de lavado de un filtro durante 8 minutos cada 2 horas para esa carrera.

La velocidad de lavado de 1,175 mld (0.0136 mis) multiplicada por lo 72 m<sup>2</sup> de cada filtro corresponde a un caudal de 0.979 m<sup>3</sup>/s, el tiempo que se puede mantener en un lavado es de 8 minutos, que corresponde a un volumen de 470 m<sup>3</sup>.

Adicional a este volumen se tiene el inicial de vaciado del filtro que corresponde a una profundidad de 2.70 m y un área de 85.68 m<sup>2</sup>, resultando un volumen de 231 m<sup>3</sup>, con lo que se obtiene un volumen total de 701 m<sup>3</sup>.

Este volumen se descargaría cada 2 horas, por ejemplo si a las 0:00 horas se inicia la descarga de agua de lavado de un filtro, de las 0:00 a las 0:12 horas se tendrá un caudal de 979 lis, después de las 0:12 a las 2:00 no se tendrá caudal, de las 2:00 horas a las 2:12 se volverá a tener un caudal de 979 lis; y así sucesivamente.

## c) Diseño del Tanque de Recuperación de Agua de Lavado de Filtros

La forma de funcionamiento del Tanque de Recuperación de Agua de Lavado de Filtros (TRALF) será en lotes secuenciales de la siguiente forma: recibir el volumen de agua de un lavado, dejar el agua en reposo durante un cierto tiempo para que sedimente, bombear el sobrenadante de este tanque hacia la entrada a floculadores para incorporarla al proceso, bombear los lodos que queden hacia el espesador que recibe también los lodos de los sedimentadores y volver a iniciar esta secuencia con el siguiente lavado de filtros. La secuencia de la operación de un tanque consiste en 12 minutos de llenado, 107 minutos de reposo, 111 minutos de bombeo de agua sobrenadante y 10 minutos de bombeo de lodos. Se proponen dos tanques para dar mayor tiempo de reposo

Las bombas de recirculación de agua deberán ser para un caudal de 100.3 l/s que durante los 111 minutos bombearían los 668 m<sup>3</sup> que corresponden al volumen sobrenadante en los tanques. Se tendrían 2 bombas de ese caudal para cuando se tengan carreras menores a 12 horas se puedan operar las 2 para poder vaciar el sobrenadante en 56 minutos, se tendría además una adicional de reserva, es decir se recomienda tener 3 bombas de 100.3 l/s.

Para los lodos se tendría algo semejante, las bombas serían para un caudal de 56 l/s, teniendo dos, una en operación y una de reserva.

## d) Arreglo General del Sistema de Manejo de Agua Recuperada y Lodos

El arreglo de las instalaciones de manejo de agua recuperada y lodos se compone de los siguientes elementos principales: tanques de recuperación de agua de lavado de filtros, espesador de lodos y edificio de filtros banda.

#### e) Instalaciones de Agua Recuperada de Lavado de Filtros

Se cuenta con instalaciones de recuperación de agua, se cuenta con dos tanques para poder hacer frente a lavados de manera más frecuente.

- **Deshidratado de Lodos**

Los lodos que se producen en la potabilizadora corresponden los de los sedimentadores y los lodos de los tanques de recirculación de agua de lavado de filtros.

Para el deshidratado de los lodos se propone mandarlos primero a un espesador de gravedad, previa dosificación de polímero para ayudar a la separación de sólidos y agua, posteriormente se mandarían a un filtro banda y la disposición final se deberá hacer en un terreno que acepte este tipo de sólidos o a un relleno sanitario, en el que se pueden utilizar como material de cubierta ya que presenta condiciones muy adecuadas para ello.

Los lodos provienen de los sólidos suspendidos totales que lleva el agua cruda a la entrada del proceso de potabilización y de los compuestos que se le adicionan durante su tratamiento.

Los compuestos que más aportan al volumen de lodos producidos corresponde a la dosificación de sustancias coagulantes que combinadas con los sólidos suspendidos totales, forman el lodo total. Para la cantidad de lodos en base seca de 3,523.50 Kg/d se obtiene un volumen de 703.69 m<sup>3</sup>/d.

- **Espesamiento de los Lodos**

Los lodos del tanque de recuperación de agua de lavado se mezclarán con los que salgan de sedimentadores del proceso principal, a la entrada se les dosificará polímero para mejorar la separación de los sólidos.

Los lodos a la entrada a espesadores tienen una concentración de 0.5% de sólidos, la cantidad de lodos en base seca es de 3,523.50 Kg/d, representan un volumen de 703.69 m<sup>3</sup>/d.

Para dimensionar el espesador de lodos se utilizó una carga hidráulica de 8.16 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d y una carga de sólidos de 37.5 Kg/m<sup>2</sup>/d, por lo que aplicando estos parámetros y tomando lo más desfavorable se llegó a un diámetro necesario de 11 m.

En el espesador se logra una captura de 85%, por lo que los lodos espesados tienen un peso de sólidos de 2,994.98 Kg/d Y una concentración de 4.0% de sólidos, por lo que el volumen resultante es de 74.02 m<sup>3</sup>/d.

El agua que se recupera en el espesador es de 629.67 m<sup>3</sup>/d, tiene una cantidad de sólidos de 528.53 Kg/d, lo que representa una concentración de 839.3 mg/l, es decir esta agua tiene que entrar a un sistema de floculación y sedimentación para incorporarse al proceso.

- **Filtro Banda para la Deshidratación de los Lodos**

Con la finalidad de que la disposición de los sólidos separados del agua en el proceso de potabilización, se deshidratarán en un equipo de filtro banda, para por un lado recuperar agua y por otro hacer una torta de lodos de menor volumen y más fácil disposición.

En la entrada al sistema de deshidratación se tiene el lodo de salida del espesador es decir un peso de sólidos de 2,994.98 Kg/d Y una concentración de 4.0% de sólidos, por lo que el volumen resultante es de 74.02 m<sup>3</sup>/d.

En la salida se pretende una concentración de sólidos de 22% con un porcentaje de captura de 90%, por lo que a la descarga del filtro banda se tendrán 2,695.5 Kg/d de sólidos con un volumen húmedo diario de 11.48 m<sup>3</sup>.

El agua retirada en este proceso es de 62.54 m<sup>3</sup>/d con un contenido de sólidos de 299.50 Kg/d, con una concentración de 4,789.15 mg/l, este caudal se puede recircular o desecharse, pero se recomienda meter junto con el agua retirada en el espesamiento al inicio del proceso a los floculadores.

El diseño de las instalaciones se realizó con una carga de sólidos de 115 kg/h/m de ancho de banda, se consideró que el equipo trabaja 16 horas diarias durante 6 días a la semana, llegándose a que se necesita 1 filtro banda de 2 m de ancho.

#### **II.1.1.1 Infraestructura necesaria**

La transmisión de energía eléctrica será desde las cercanías de la Ciudad de Morelia, mediante una línea de 115 kva incluyendo la construcción de una subestación eléctrica de para convertir de 13,200 a 480 VCA, para dotar de energía eléctrica a la planta, así como el de un transformador de potencia y el de un generador de emergencia de 1,500 KVA

Se precisa la rehabilitación y adecuación del camino de acceso, el cual es de terracería.

Se pretende el arrendamiento de sanitarios portátiles a razón de un baño por cada 25 empleados. Se considerará un mínimo de dos por cada frente de trabajo y deberán ser localizados en sitios de fácil acceso para el personal involucrado en la obra. La empresa arrendadora será la responsable de su limpieza por lo menos tres veces por semana, y conducirá los residuos hacia el sitio que la autoridad competente le haya otorgado en el momento de su registro y permiso de operación. Se construirá una fosa séptica con el fin de descargar las aguas residuales generadas en la operación de la planta.

#### **II.1.2 Fecha de inicio de operaciones**

La planta potabilizadora todavía no esta operando, la obra se encuentra en licitación pretendiendo ponerla en marcha en diciembre de 2007.

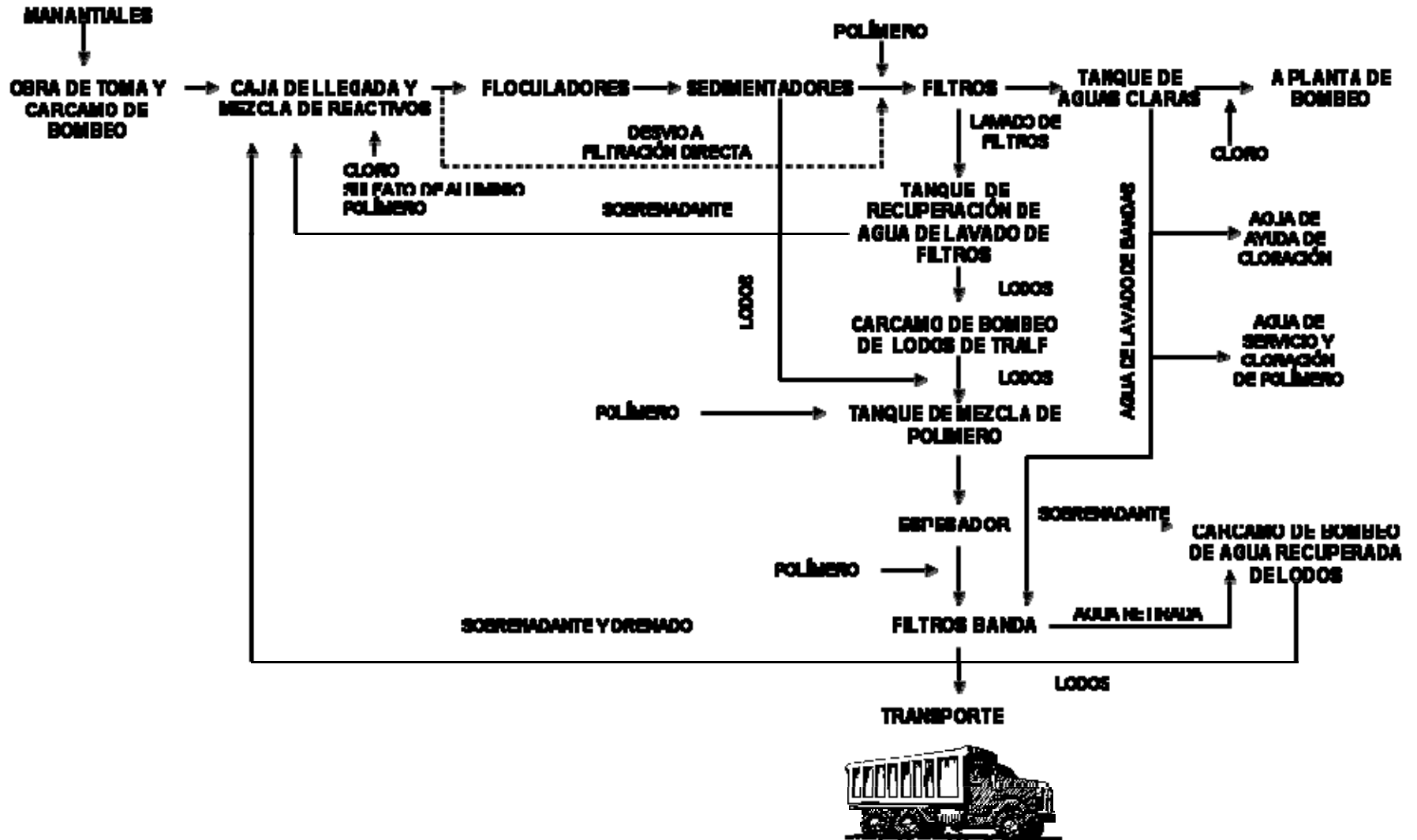
#### **II.1.3 Planes de crecimiento a futuro, señalando la fecha estimada de realización.**

El proyecto no considera ningún crecimiento a futuro, aunque en el mismo se considera las previsiones necesarias para manejar el caso más desfavorable durante la operación, es decir, tener la llegada del flujo máximo a tratar y algún equipo y/o modulo de tratamiento parcialmente fuera de operación por fallas imprevistas y/o mantenimiento preventivo.

Los gastos de diseños considerados se muestran a continuación.

Caudal máximo diario	0.750	(m <sup>3</sup> /s)
Caudal medio diario	0.750	(m <sup>3</sup> /s)
Caudal mínimo diario	0.400	(m <sup>3</sup> /s)

FIGURAII.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA OPERACIÓN DE LA PLANTA POTABILIZADORA



#### II.1.4 Vida útil del proyecto

Se considera que la vida útil del proyecto asciende a 20 años, periodo que aumentará o disminuirá de acuerdo al tipo y frecuencia de mantenimientos preventivos y correctivos que se programen. Es común que este tipo de obras se modernicen reemplazando sus componentes y adecuando su funcionamiento a las necesidades existentes. Al finalizar este periodo, y de acuerdo al tipo de proyecto que se trata, no se pretende su abandono sino la rehabilitación, modernización y quizá la ampliación de la infraestructura proyectada, para continuar dando el servicio para el cual fue concebido en el presente proyecto.

La vida útil de los elementos de la Planta Potabilizadora dependerá básicamente del adecuado mantenimiento que se les dé, a mejor mantenimiento mayor vida útil. Por lo cual es imprescindible llevar a cabo programas de mantenimiento preventivo y correctivo que además de garantizar el buen funcionamiento de los elementos de la Planta Potabilizadora sirvan para alargar su vida útil, para lograr esto de una manera exitosa deberán implementar cursos de capacitación para los operadores y que éstos conozcan a detalle el manual de operación; se deberán llevar a cabo inspecciones periódicas de los elementos que conforman la planta para detectar cualquier anomalía en su funcionamiento. Es imprescindible que las instalaciones se mantengan en buen estado, será necesario llevar a cabo un buen programa de lubricación lo cual es primordial para una buena operación, se deberán pintar las instalaciones y sus respectivos elementos por lo menos cada 2 años o antes si es necesario, lo cual ayudará a evitar la corrosión de los elementos. En la Tabla II.1 se señala la vida útil de los componentes más representativos de la Planta Potabilizadora.

**TABLA II.1 VIDA ÚTIL DE LOS ELEMENTOS MÁS IMPORTANTES**

Elemento	Vida útil promedio	Observaciones
Bombas	15 años	Para un correcto funcionamiento y alargar la vida útil deberán revisarse y reemplazar sus elementos gastados cada 2, 5 y 10 años y cada vez que se requiera.
Dosificadores de cloro	15 años	Se deberá llevar mantenimiento periódico y cambiar el rotámetro cada 3 años aproximadamente.
Tanques de cloro	5 a 7 años	Su vida útil depende del cuidado que se les dé. Al cargarlos con gas cloro puede introducirse en ellos aire cuya humedad puede corroerlos.
Rastras Sedimentador	20 años	Se deberán pintar por lo menos cada 2 años con el fin de evitar su corrosión.
Filtros Banda	Carcaza 40 años, Bandas cada 5 años, Rodillos y tornillería de 5 a 7 años.	Se deberá llevar mantenimiento periódico y revisión de las instalaciones.
Alarmas	5 años	Deben dárseles mantenimiento periódico para evitar que se peguen.
Válvulas	30 años	Dar mantenimiento cada 7 años o cuando se requiera cambiar empaques.
Válvulas check	2 a 3 años	Aplicar mantenimiento periódico de lubricación, pintura para evitar su corrosión y revisión de tornillos y juntas.
Tuberías de PVC	40 años o más	Son ligeras y en caso de estar superficiales pueden llegar a romperse al someterse a cargas excesivas.
Tuberías de Acero	20 años	Se incrustan y son susceptibles de corrosión.

FUENTE: Catálogos de proveedoras de los diferentes elementos enunciados.



### II.1.5 Criterios de ubicación.

Para definir el sitio donde se ubicará la Potabilizadora La Mintzita se tomó en cuenta la configuración que tiene el sistema en lo que se refiere a: los sitios de afloramiento, la línea de conducción existente, la obra actual y la planta de bombeo existente.

La superficie que se requiere para la potabilizadora es de un mínimo de 2 ha, el terreno debe ser plano y tener una resistencia para recibir una carga máxima de los tanques del orden de 7 kg/cm<sup>2</sup>.

Para definir el sitio donde se ubicará la Potabilizadora La Mintzita se tomó en cuenta la configuración que tiene el sistema en lo que se refiere a: los sitios de afloramiento, la línea de conducción existente, la obra actual y la planta de bombeo existente.

La superficie que se requiere para la potabilizadora es de un mínimo de 3.5 ha, el terreno debe ser plano y tener una resistencia tal que soporte la estructura de la potabilizadora.

Los criterios considerados para la selección del sitio donde se ubicará la Planta Potabilizadora, son los siguientes:

- Su localización deberá obedecer a las necesidades de la configuración actual del sistema de la Mintzita se tiene en un principio la zona represada en la que se tienen varios afloramientos que se manifiestan en la descarga continua de agua que se lleva por el canal de conducción y donde se observa que el agua se capta por gravedad en un punto que dista alrededor de 1 km del último afloramiento de los manantiales, que se tiene cerca de la toma de la papelería CRISOBA.

En ese kilómetro que el agua escurre por gravedad en un canal a cielo abierto al parecer es donde el agua se contamina más, sobretodo al inicio de la época de lluvias, dado que las primeras lluvias acarrearán hacia el canal toda la basura que se tiene en los terrenos aledaños al canal, inclusive excrementos originados de la actividad pecuaria existente en la zona.

- La conducción de aguas a la Potabilizadora se llevará a cabo por gravedad hasta el sitio del proyecto.
- La facilidad de adquisición de los terrenos requeridos para albergar el proyecto.

Una vez encontrado el sitio se llevaron a cabo estudios de topografía con el objeto de conocer la configuración del terreno, sus límites y colindancias, así como estudios de geotecnia con la finalidad de conocer las características y propiedades del terreno y mecánica de suelos para conocer el comportamiento de estos que albergarán las estructuras.

### II.1.6 Alternativas propuestas.

Se analizaron tres alternativas para la ubicación de la Planta Potabilizadora.

## Alternativa N°1

Ubicación cerca de la obra de toma actual, las ventajas de esta son:

- a) Se utilizaría en su totalidad la línea de conducción de este sitio a la planta de bombeo actual, sin requerirse prácticamente ninguna longitud adicional, la que para incrementar el caudal conducido se haría trabajar a mayor presión que la actual.
- b) El terreno en esa zona desde el punto de vista geotécnico presenta mejores condiciones que cerca del último afloramiento, aunque menos favorables que en la planta de bombeo existente.
- c) Al captar el agua se necesitaría una planta de bombeo al inicio, con lo que se podría bajar un poco el nivel del agua en el punto de captación con lo que se disminuiría el problema de los agricultores de la zona, que se quejan de que al represar en ese punto para que trabaje mejor la captación actual, provoca que los niveles freáticos en sus terrenos sean muy superficiales y les afecten a sus cosechas.
- d) Al tener esta planta de bombeo hacia la potabilizadora, teniéndose ésta elevada sobre el terreno; la descarga de la potabilizadora se puede tener a un nivel más elevado que el nivel de agua de la toma actual, con lo que se estaría en mejor posibilidad de conducir un mayor caudal con la misma de conducción.

Sus principales desventajas son:

- a) Uno de los problemas del sistema actual es que en el tramo de canal a cielo abierto de 1 km después del último afloramiento, el agua se ve sujeta a contaminación y en este caso continuaría esa situación.
- b) Desde el punto de vista social, los terrenos en esa zona se trabajan para cultivos actualmente, por lo que se deberá negociar su adquisición y dado que su precio sería más caro que el de la alternativa N°1, es de esperarse que la negociación sea más difícil.

## Alternativa N°2

Ubicación de la Potabilizadora cerca del último afloramiento que es el sitio donde actualmente se tiene la toma de CRISOBA las ventajas de esta son:

- a) En forma semejante a la alternativa anterior, al captar el agua se necesitaría una planta de bombeo al inicio, con lo que se podría bajar un poco el nivel del agua en el punto de captación con lo que se disminuiría el problema de los agricultores de la zona, que se quejan de que la captación actual provoca que los niveles freáticos en sus terrenos sean muy superficiales y les afecten a sus cosechas. Pero en este caso la disminución del nivel podría ser mayor que en la alternativa anterior, con lo que en este aspecto será la alternativa que tiene mayores ventajas.
- b) Dado que es cerca del punto de afloramiento que se tendrá la nueva planta de bombeo, disminuirá el ahogamiento de los manantiales, sobre todo del último

afloramiento, con lo que el caudal captado aumentará un poco, en magnitud difícil de definir, pero que se puede determinar ya en la operación del sistema.

- c) Al tener esta planta de bombeo, la descarga de la potabilizadora se puede tener a un nivel más elevado que el nivel del agua en la toma actual, con lo que se estaría en mejor posibilidad de conducir un mayor caudal con la misma línea de conducción. Este efecto será menor que en la alternativa anterior debido a la mayor longitud de conducción, pero permitirá también incrementar la capacidad de la conducción actual.
- d) Al quitar el tramo de un Km de canal a cielo abierto entre el último afloramiento y la toma actual y construir el tramo de tubería, se disminuirá el problema más grave de contaminación del sistema actual.
- e) Al parecer este terreno puede ser el más económico, dado que desde hace varios años no se cultiva, debido a que es el terreno más afectado por el nivel freático alto por el remanso de la toma actual.
- f) Desde el punto de vista social, se debe hacer ver a los lugareños que la localización de la toma en ese punto mediante obra de toma y planta de bombeo es la mejor solución a sus problemas de niveles de agua en sus terrenos, por lo que es la alternativa que debe tener menos problemas de aceptación de la gente.

Las desventajas de esta opción son:

- a) Se requiere construir el tramo de 1 km de tubería de 1.52 m de diámetro, lo que representará un costo adicional a las otras alternativas.
- b) El terreno en este sitio presenta condiciones geotécnicas menos favorables dado que son arcillas y tobas con muy poca capacidad de carga.
- c) En este sitio se tiene un acceso vehicular un poco más difícil que la alternativa anterior.

### **Alternativa N°3**

Ubicación de la Potabilizadora más cerca al área urbana las ventajas de esta son:

- a) Es el sitio más cercano al área urbana y por lo tanto es el que tiene mejores accesos vehiculares.
- b) Se tendría el mismo sitio de captación.
- c) Este terreno es el que presenta mejores condiciones desde el punto de vista de mecánica de suelos según la información que se recopiló a este respecto y a la inspección preliminar en este aspecto.
- d) Cerca de ese sitio se tienen ya zonas urbanizadas, lo que permitirá que el personal de operación tener un fácil acceso a la planta.

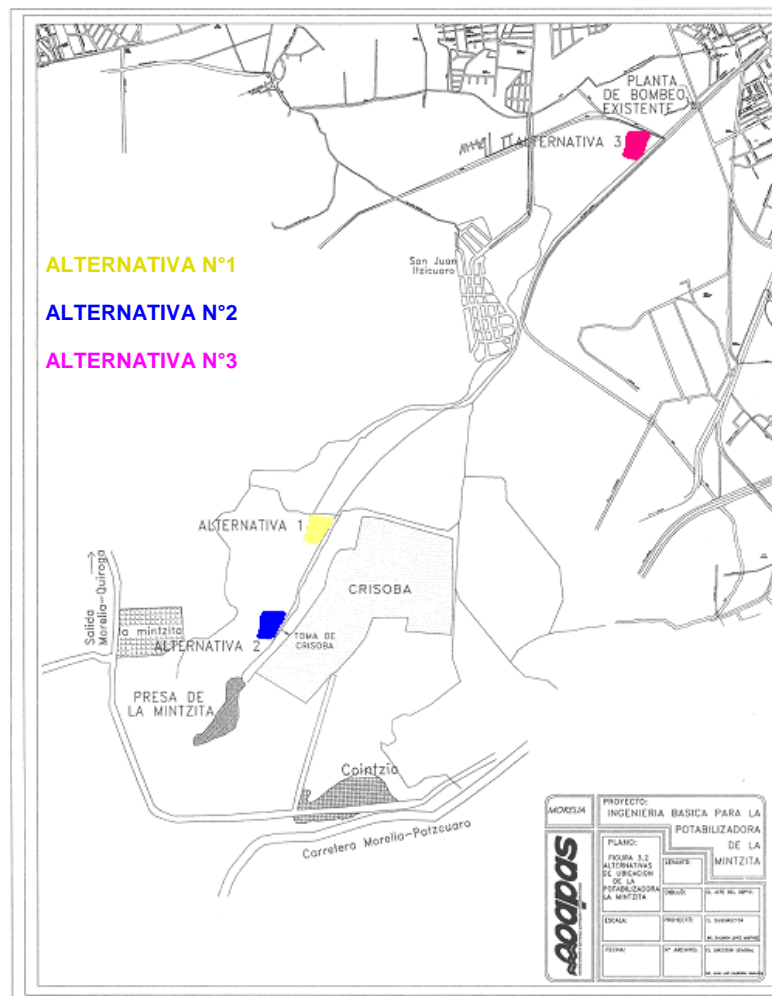
- e) La cercanía de la planta de bombeo existente, permitiría que el personal de operación de esa planta, integrara sus labores a las de la potabilizadora.

Sus desventajas son:

- a) El valor del terreno en este sitio sería el más elevado de las tres posibilidades, por su cercanía a la mancha urbana.
- b) Para incrementar el gasto captado, en el caso que se destinará el agua que actualmente toma la papelera CRISOBA, se requeriría poner una línea de conducción adicional a la existente o una planta de bombeo nueva, poniendo a trabajar a presión la línea existente.

El OOAPAS llegó a la conclusión de que de los terrenos estudiados el de la alternativa N°2 es el más factible y se acordó tomar esa localización para hacer la ingeniería básica que serviría posteriormente para el desarrollo del proyecto ejecutivo.

**FIGURA II 2 LOCALIZACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS 1, 2 Y 3**



## II.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

### II.2.1 Coordenadas geográficas de la instalación.

La Ciudad de Morelia, capital del Estado, se encuentra localizada en la región centro-norte del estado de Michoacán de Ocampo, en las coordenadas geográficas 19° 42' 06" Latitud Norte y 101° 11' 07" Longitud Oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 1,920 msnm.

El terreno donde se pretende ubicar la planta potabilizadora se localiza en las coordenadas geográficas 19° 39' 05" Latitud Norte y 101° 16' 15" Longitud Oeste a una altitud sobre el nivel del mar de 1,940 metros sobre el nivel del mar.

En la figura II.3, se presenta un croquis de localización del sitio de estudio.

**FIGURA II.3 CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DE LA UBICACIÓN DE LA PLANTA POTABILIZADORA**



### II.2.2 Superficie total de la instalación y superficie requerida para el desarrollo de la actividad.

La superficie total requerida para el proyecto, asciende a 39,746.268 m<sup>2</sup>, la superficie a ocupar de las obras permanentes es de aproximadamente 20,000 m<sup>2</sup>, a continuación se mencionan las instalaciones:

- Obra de toma o captación
- Caja de llegada
- Floculador
- Sedimentador
- Filtros
- Tralf
- Espesador

- Filtro banda
- Tanque de recuperación de agua de lavado de filtros
- Edificio central
- Edificio de dosificación
- Caseta de cloración
- Caseta de vigilancia
- Caseta de sulfato de aluminio
- Caseta de polímeros
- Caseta de sopladores
- Caseta y galería de operación de filtros
- Caseta de la subestación y del CCM
- Carcamo de agua recuperadora de Lodos

### **II.2.3 Descripción de acceso.**

Partiendo de la Ciudad de Morelia, para llegar a las Instalaciones de la Planta Potabilizadora, se toma la carretera Morelia-Patzcuaro, hasta llegar a la Tenencia Morelos, pasando ésta, a tomando la desviación hacia Cointzio aproximadamente a 10 kilómetros desde Morelia, se encuentra el sitio que alberga la Planta Potabilizadora, se trata de un terreno al borde de la papelería CRISOBA. El acceso en la actualidad es un camino de terracería, cuyo desarrollo será aprovechado para construir la vialidad de acceso la cual deberá garantizar la seguridad en el tránsito de los vehículos.

<b>II</b>	<b>DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....</b>	<b>II-1</b>
II.1	NOMBRE DEL PROYECTO .....	II-1
II.1.1	<i>Descripción de la actividad a realizar, procesos, e infraestructura necesaria, indicando ubicación, alcance, e instalaciones que lo conforman. ....</i>	<i>II-1</i>
II.1.2	<i>Fecha de inicio de operaciones.....</i>	<i>II-10</i>
II.1.3	<i>Planes de crecimiento a futuro, señalando la fecha estimada de realización.....</i>	<i>II-10</i>
II.1.4	<i>Vida útil del proyecto.....</i>	<i>II-13</i>
II.1.5	<i>Criterios de ubicación.....</i>	<i>II-14</i>
II.1.6	<i>Alternativas propuestas.....</i>	<i>II-14</i>
II.2	UBICACIÓN DEL PROYECTO .....	II-18
II.2.1	<i>Coordenadas geográficas de la instalación. ....</i>	<i>II-18</i>
II.2.2	<i>Superficie total de la instalación y superficie requerida para el desarrollo de la actividad. ..</i>	<i>II-18</i>
II.2.3	<i>Descripción de acceso.....</i>	<i>II-19</i>

### III ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO

#### NOTA:

**NO SE PRESENTA ESTE CAPÍTULO, YA QUE ANEXO AL PRESENTE ESTUDIO SE SOMETE A AUTORIZACIÓN LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, MODALIDAD PARTICULAR, CON LA INFORMACIÓN CORRESPONDIENTE A ESTE CAPÍTULO**



III ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO ..... III-1

## **IV INTEGRACIÓN DEL PROYECTO A LAS POLÍTICAS MARCADAS EN LOS PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO**

### **NOTA:**

**NO SE PRESENTA ESTE CAPÍTULO, YA QUE ANEXO AL PRESENTE ESTUDIO SE SOMETE A AUTORIZACIÓN LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, MODALIDAD PARTICULAR, CON LA INFORMACIÓN CORRESPONDIENTE A ESTE CAPÍTULO**

IV INTEGRACIÓN DEL PROYECTO A LAS POLÍTICAS MARCADAS EN LOS PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO ..... IV-1

## **V DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

### **V.1 BASES DE DISEÑO**

#### **V.1.1 PROYECTO CIVIL**

El proyecto civil fue realizado por la empresa Servicios y Consultores, S.C. y forma parte del estudio denominado: Ingeniería básica para la Potabilizadora Mintzita en Morelia, Mich, realizado en mayo de 2006.

Se revisó que todos los esfuerzos en el contacto de las losas de cimentación con el terreno de apoyo sean de compresión y que los máximos no excedan la capacidad de carga admisible recomendada.

Durante la vida útil de los tanques, los muros perimetrales estarán sujetos a la acción de los empujes de tierra, por lo que estructuralmente tienen que ser diseñados para resistir estas presiones.

Para fines de análisis sísmico, el terreno se clasificará del Tipo II, de mediana rigidez al cortante, conforme a las recomendaciones del Manual de Obras Civiles de la CFE (Diseño por Sismo, 1993).

Los resultados de la memoria técnica descriptiva y justificativa del proyecto civil de la Ingeniería Básica del proyecto, de los tanques de almacenamiento, equipos de proceso y auxiliares, se incluye en el anexo correspondiente a "Memoria de Cálculo".

#### **V.1.2 PROYECTO MECÁNICO**

El proyecto mecánico fue realizado por la empresa Servicios y Consultores, S.C. y forma parte del estudio denominado: Ingeniería básica para la Potabilizadora Mintzita en Morelia, Mich, realizado en mayo de 2006.

La memoria técnica descriptiva y justificativa del proyecto mecánico de la Ingeniería Básica del proyecto, se incluye en el anexo "Memoria de Cálculo".

#### **V.1.3 PROYECTO ELÉCTRICO**

El proyecto eléctrico fue realizado por la empresa Servicios y Consultores, S.C. y forma parte del estudio denominado: Ingeniería básica para la Potabilizadora Mintzita en Morelia, Mich, realizado en mayo de 2006.

Las especificaciones generales de diseño eléctrico de la Ingeniería Básica del proyecto, así como las correspondientes al transformador de potencia, subestación compacta y generador de emergencia, se incluyen en el anexo correspondiente la "Memoria de Cálculo" y se incluye el plano MZA-E-18 "Subestación Eléctrica" y el plano MZA-E-9 "Sistema de fuerza" en el anexo correspondiente.

#### V.1.4 PROYECTO SISTEMA CONTRA-INCENDIO

El proyecto no contempla un sistema contra-incendio, sin embargo se requiere por lo menos de extintores, cumpliendo con la NOM-002-STPS-2000 "Condiciones de seguridad – Prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo".

El cloro no es inflamable, ni explosivo, pero propiciará combustión, puede encender otros materiales combustibles como la madera, el papel, aceite y ropa, entre otros a temperaturas mayores de 252° C.

Los óxidos de cloro son muy inestables y se descomponen con violencia explosiva. Los oxiácidos del cloro aumentan su carácter ácido en el orden  $\text{HClO} < \text{HClO}_2 < \text{HClO}_3 < \text{HClO}_4$ . Si se combina a luz directa con hidrogeno puede provocar una explosión. Algunos reaccionarán explosivamente con aire, aire húmedo y/o agua.

Los contenedores de cloro pueden explotar cuando se calientan, la presión a la que pueden explotar deberá ser señalada por el fabricante para lo cual es necesario el uso del equipo de control como manómetros.

El cloro no es sensible a explosión por medio de una descarga eléctrica, o de un impacto.

#### Medio de extinción

En caso de incendio están permitidos todos los agentes extintores.

- (X) Niebla de agua.
- (X) Espuma.
- (X) Halón.
- (X)  $\text{CO}_2$ .
- (X) Químico seco.
- (X) Otros, cualquiera de la clase "ABC".

#### Equipo especial de protección, (general) para combate de incendio

Ropa protectora para bomberos profesionales (SFPC). Esta categoría de ropa, frecuentemente llamada equipo de respuesta para bomberos, es la ropa de protección usada normalmente por los bomberos durante operaciones profesionales de combate contra incendio. Esta incluye un casco, chaquetón, pantalones, botas, usar guantes industriales de neopreno, PVC, teflón o Kel-F y una capucha para cubrir las partes de la cabeza que no están protegidas por el casco y la careta. Esta ropa debe usarse con el equipo de aire autónomo de presión positiva, de careta completa (SCBA). Esta ropa protectora deberá cumplir con los mínimos de la Norma de Brigadas contra Incendio de la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) del Departamento de Trabajo de los Estados Unidos (29 CFR 1910.156). La ropa protectora para bomberos profesionales, proporciona protección limitada contra el calor, pero puede no proporcionar la protección adecuada contra los vapores o los líquidos que son encontrados durante incidentes de materiales peligrosos.

### Procedimiento especial de combate de incendio.

- Para incendios pequeños solamente utilice agua, no use polvos químicos secos (Halón) o CO<sub>2</sub>.
- Contenga el fuego y permita que arda. Si el fuego debiera ser combatido se recomienda rocío de agua o niebla.
- No introducir agua en los contenedores.
- Mueva los contenedores del área de fuego si lo puede hacer sin ningún riesgo.
- Los cilindros dañados, deberán ser manejados solo por especialistas.
- Si hay fuga en los cilindros trate de reducir los vapores tóxicos rociando agua, sin aplicar el agua directamente en la fuga, ya que esto puede incrementarla.

### En caso de incendios y derrames.

- Evacué inmediatamente a todo el personal del área de peligro y llame lo más pronto posible a personal especializado.
- No se acerque sin contar con equipo de seguridad apropiado.
- Si cuenta con capacitación y el equipo de seguridad adecuado para que se realicen las siguientes acciones.
- Enfríe los cilindros lo más pronto posible rociando agua desde una distancia segura, después retire los cilindros del área de fuego si no hay riesgo y empleando el equipo de movilización necesario.
- Si hay fuga en los cilindros trate de reducir los vapores tóxicos rociando agua, sin aplicar el agua directamente en la fuga, ya que esto puede incrementarla.
- Si el personal especializado ya se encuentra en el sitio dejar que se hagan cargo de la situación. Si el personal aún no ha llegado y no es posible controlar el incendio retírese a una zona segura y espere la llegada del mismo.

### Control de vapor

Limitar la cantidad de vapor emitido por un charco de líquidos inflamables o corrosivos es una preocupación operacional. Se requiere el uso de ropa apropiada, equipo especializado, agentes químicos apropiados y personal capacitado. Antes de involucrarse en el control del vapor. Obtenga la asesoría de alguna fuente autorizada sobre las técnicas apropiadas.

Hay varias maneras de minimizar la cantidad de vapores que escapan de charcos de líquidos derramados, con espumas especiales, agentes absorbentes y agentes neutralizadores. Para que sean efectivos estos métodos de control de vapores, se deberá seleccionar el método para el material específico involucrado y manejado de tal manera que mitigue, no que empeore, el incidente.

Es deseable que el equipo de respuesta de emergencia para materiales peligrosos se ponga de acuerdo con los operadores de la Planta Potabilizadora para seleccionar y guardar estos agentes de control en la misma, antes de que ocurra un accidente. En la práctica, los primeros respondedores pueden no tener el agente de control más efectivo para el material. Es probable que sólo tengan agua y un solo tipo de espuma en sus vehículos para combatir incendios. Si la espuma disponible no es la apropiada, tal vez usen rocío de agua. Como el agua que se usa forma un sello de vapor, se debe tener cuidado de no agitar o extender más el derrame durante su aplicación. Los vapores que no reaccionan con el agua, pueden ser dirigidos fuera del sitio, usando las corrientes de aire que rodean al rocío de agua. Antes de

usar rocío de agua u otros métodos para controlar con seguridad la emisión del vapor o para prevenir el incendio, es necesario obtener asesoría técnica basadas en las características propias del cloro.

### **Condiciones que conducen a un peligro de fuego y/o explosión no usuales.**

- El cloro es un agente oxidante que puede acelerar la combustión en combinación con otras sustancias.
- Si entra en contacto con materiales inflamables puede causar fuego o explosión.
- El calor del fuego puede incrementar la presión en el contenedor y causar su ruptura.
- Ninguna parte de los contenedores debe exponerse a temperaturas superiores a 52° C (125° F).
- El cloro puede reaccionar violentamente con otros materiales a temperaturas superiores a 250.5° C (483° F).
- Los contenedores pueden explotar cuando se calientan.
- Los cilindros con rupturas pueden proyectarse.
- El contra flujo en los cilindros puede causar rupturas.

### **Productos de la combustión**

El gas cloro no es combustible arde por si solo, se requiere de otro material comburente para provocar su ignición. En caso de fuego se desprenderán humos tóxicos de cloruro, no se conocen otros productos peligrosos debidos a la combustión.

### **Inflamabilidad**

No es inflamable, por lo que no hay valor de los límites superiores o inferiores de inflamabilidad

## **V.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO**

Para determinar el tipo de proceso que mejor se aplique al problema en cuestión, se analizó principalmente la calidad del agua captada.

Para la realización de la energía básica se analizó la información existente de calidad de agua que ha producido el OOAPAS, la operación del sistema de captación y las experiencias que se han tenido en la potabilizadora de Santa María por el OOAPAS.

Con la finalidad de fundamentar mejor la decisión tomada se tomaron nuevas muestras de agua en diferentes puntos de acuerdo al esquema de aprovechamiento pretendido. Tomando en cuenta que la turbiedad promedio del agua alcanza 7 UTN y la norma oficial marca un límite máximo de 5 UTN, pareciera que filtración directa es la solución más adecuada,

inclusive las turbiedades máximas que se presentan de 166 UTN, podrían manejarse por periodos no muy prolongados con filtración directa.

Sin embargo los valores de altos de color, del orden de 50 Unidades de la escala Pt-Co hacen pensar en un proceso completo de potabilización convencional mediante: dosificación de productos químicos, mezcla, floculación, sedimentación, filtración y desinfección final.

Al analizar la información se decidió hacer pruebas adicionales de tratabilidad para poder fundamentar mejor esta conclusión.

Dentro de los monitoreos que se hicieron se concluyó que con el nuevo sitio de captación la calidad del agua mejorará, pero al no tener datos de calidad en ese sitio a lo largo del año se llegó a la conclusión de proyectar un proceso completo con opción de entrar a filtración directa, por lo que se deberán tener en las instalaciones la potabilizadora la manera de hacer en forma rutinaria esta operación.

Inclusive se deberá prever en el diseño que no se construya la floculación y sedimentación, dejándose para una etapa futura esa actividad.

Se presenta a continuación la descripción de los diferentes procesos y/o etapas y equipamiento que conforman la Planta Potabilizadora.

### Gasto de diseño

Los Gastos de diseño de agua considerados para la Planta Potabilizadora, se listan a continuación.

Caudal máximo diario	0.750	(m <sup>3</sup> /s)
Caudal medio diario	0.750	(m <sup>3</sup> /s)
Caudal mínimo diario	0.400	(m <sup>3</sup> /s)

Para el diseño de los elementos de la planta se consideraron los siguientes parámetros:

### Caja de mezcla

Caudal de diseño	1.5	m <sup>3</sup>
Tiempo de retención total	1 ó 2	segundos
Gradiente 1 <sup>a</sup> Cámara	1,000 a 2,000	seg <sup>-1</sup>

### Floculador

Caudal de diseño	1.5	m <sup>3</sup> /s
Número de floculadores	2	
Caudal por floculador	0.75	m <sup>3</sup> /s
Tiempo de retención total	23.2	minutos
Número de cámaras	4	
Tiempo de retención por cámara	5.8	minutos
Gradiente 1 <sup>a</sup> Cámara	60	seg <sup>-1</sup>
Gradiente 2 <sup>a</sup> Cámara	45	seg <sup>-1</sup>
Gradiente 3 <sup>a</sup> Cámara	30	seg <sup>-1</sup>
Gradiente 4 <sup>a</sup> Cámara	30	seg <sup>-1</sup>



### Sedimentador

Caudal de diseño	1.5	m <sup>3</sup> /s
Número de Sedimentadores	4	
Caudal por sedimentador	0.375	m <sup>3</sup> /s
Número de zonas	2	
1ª Zona	(zona de calma)	
Tiempo de retención de 1ª zona	15.68	minutos
2ª Zona	Sedimentación Acelerada	
Tipo de mejoramiento	Módulos tubulares de Plástico	
Carga superficial de 2ª zona	1.81	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d

### Filtros

Caudal de diseño	1.5	m <sup>3</sup> /s
Número de filtros	6	
Caudal por filtro	0.25	m <sup>3</sup> /s
Tipo de filtro	Tasa declinante	
Tipo de lavado	Mutuo por gravedad	
Método de lavado	Agua y aire	
Tipo de fondo	Leopold	
Material filtrante	Arena y antracita	
Velocidad de filtración	300	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d
Velocidad de agua de lavado	1,175	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d
Velocidad de aire de lavado	1.22	m/minuto

### Modulación de las etapas de tratamiento de agua y lodos.

La ingeniería básica de la planta potabilizadora se ha basado en las especificaciones normativas vigentes. En el diseño se consideraron las previsiones necesarias para manejar el caso más desfavorable durante la operación, es decir, tener la llegada del flujo máximo a tratar y algún equipo y/o módulo de tratamiento parcialmente fuera de operación por fallas imprevistas y/o mantenimiento preventivo.

### Descripción general del proceso:

Aun cuando el agua es de manantial, debido a la situación de desarrollo urbano de la zona y a las dificultades por preservar la calidad del agua, requiere ser sometida a un proceso de potabilización consistente en dosificación de productos químicos, mezcla, floculación, sedimentación filtración y desinfección.

#### • Captación

Se tendrá un solo sitio de captación cerca del último afloramiento, en el que se captaría mediante un canal con rejillas que permitiera evitar la entrada de lirio u otros objetos de regular tamaño, que pudieran afectar las bombas que se tienen al final de la captación.

- **Cribas de Filtración**

Estas cribas de cartucho de encuentran en la descarga de la Planta de bombeo Existente y al potabilizar el agua en forma estos filtros ya no tendrían ningún objetivo que cumplir en ese sitio, por lo que se colocarán antes de la caja de entrada a la potabilizadora.

- **Caja de Mezcla**

Esta caja tendrá por objeto recibir el agua de la planta de bombeo y los productos químicos que se dosificarían en la entrada de la potabilizadora.

De acuerdo a las pruebas de tratabilidad es necesario dosificar sulfato de aluminio y polímero en la entrada del agua.

Con la finalidad de proteger los tanques de proceso del crecimiento de algas en sus paredes, se adiciona cloro también en ese punto.

La mezcla se hace en una caja vertedora a la que llega el agua mediante una tubería de 1.22 de diámetro, se tiene un vertedor de 2m de longitud. El gradiente que se presenta en el vertedor es de  $2,000^{-1}$

En esta estructura se tiene una línea de demasías para cuando se cierre la entrada.

- **Floculadores**

En estos tanques se trata de formar flóculos cada vez de mayor tamaño mediante la agitación lenta del agua, es decir en un principio se tiene una mayor agitación, la cual se va disminuyendo para ir formando flóculos cada vez de mayor tamaño.

Esta sería una operación que se realizaría en forma hidráulica, es decir se produciría la agitación por flujo en zigzag dentro de tanques de concreto equipados con mamparas de plástico para producir ese efecto.

Se propone tener un modulo para tratar los  $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ . El modulo se tendría con 2 floculadores, cada uno para  $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Se tendrán 4 cámaras de floculación, cada una con un tiempo de retención 5 min (300 seg) los gradientes que se pretenden serán descendientes en secuencia de: 60, 45, 30 y  $30 \text{ s}^{-1}$ .

Cada cámara tendrá unas dimensiones de 4m de profundidad, 3.75m de ancho y 14.8m de largo.

Para producir los gabinetes se utilizará la energía del agua, por el tipo será hidráulico, de flujo horizontal, es decir tendrán mamparas que harán que el agua escurra en zigzag.

Se proponen mamparas de plástico montadas con perfiles estructurales, que permitirán en un momento dado cambiar la separación para variar los gradientes.

- **Sedimentadores**

Los sedimentadores son estructuras en que se da una cierta calma al agua para que los sólidos que se formaron en el floculador se decanten por su peso mayor que el del agua. Con la finalidad de mejorar la sedimentación se utilizan módulos de plástico para que en la parte alta se tenga un flujo guiado de forma laminar y de esa manera aumentar la eficiencia de sedimentación.

Los lodos que se producen al sedimentarse los sólidos en el fondo se deberán retirar para ser procesados al deshidratarlos y disminuir su volumen. Esta es una operación para la que se deberá seleccionar el equipo en forma adecuada, ya que es muy delicada esta actividad.

La sedimentación será del tipo acelerada, mediante módulos tubulares, la tasa superficial equivalente con la que se diseñó fue de 147 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d, lo cual queda dentro de las recomendaciones de la literatura especializada, por ejemplo Kawamura especifica de 120-211 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d y además es lo que recomiendan los fabricantes de los módulos.

El módulo de 1.5 m<sup>3</sup>/s tendrá 4 sedimentadores para 0.375 m<sup>3</sup>/s cada uno, con un ancho de 7.2 m y una longitud de 40.35 m, se tendrá un tramo inicial de 10 m de longitud en el que no se tendrán ni placas para acelerar la sedimentación, ni canaletas de efluente, para tener una primera zona de sedimentación horizontal, posteriormente se tienen 30.35 m con placas y canaletas.

El paso de la zona sin módulos a la zona de módulos es por la parte baja del tanque, para pasar de una zona a otra se tiene una mampara que baja 1.05 m del nivel más bajo de los módulos tubulares, lo anterior es con el objeto de que los lodos tiendan a irse por la parte baja del tanque y se extraigan más fácilmente.

Por cada sección de 7.2 m de ancho se tendrá un Clari-Trac formado por 2 tuberías transversales perforadas que recorrerán cada una la mitad de la longitud del tanque, cada una se conectará a una tubería flexible y ambas tuberías flexibles se conectarán a una tubería fija que estará sostenida por el muro en la parte izquierda del tanque.

- **Filtros**

Los filtros son la operación fundamental en una potabilizadora, por lo que se deberán diseñar en forma detallada, utilizando la tecnología más moderna pero tomando en cuenta la experiencia nacional a este respecto, bajo las recomendaciones de la Comisión Nacional del Agua.

En general se recomienda utilizar filtros de medio dual de arena y antracita. El lavado se recomienda de tipo mutuo, cuya fuente de agua para lavar un filtro es por gravedad, utilizando el agua que producen los otros filtros que no se están lavando. .

Lo anterior se logra mediante el adecuado manejo de los niveles hidráulicos, pero en este caso se tienen filtros de mayores alturas que los que se tienen cuando se lavan con bombas auxiliares.

Otra modalidad operativa que se utiliza es la utilización de filtros de tasa declinante, que consiste en que el agua se deja entrar a todos los filtros en forma libre, sin control de caudal,

lo cual se logra teniendo poca pérdida de carga en la entrada y haciendo esta descarga a un nivel inferior al mínimo de funcionamiento de los filtros.

Con esta forma de funcionamiento los filtros tienen aproximadamente el mismo nivel independientemente de su ensuciamiento, por lo que la secuencia de la lavado de los diferentes filtros se tendrá que hacer por orden, es decir en el momento que se requiera se lavará el filtro que tenga más tiempo sin lavarse y así sucesivamente en intervalos definidos por el incremento de nivel en todos ellos.

El agua de todos los sedimentadores se junta en un canal que se encuentra al final de los sedimentadores y consiste de un canal transversal al módulo que escurre de las orillas hacia el centro con sentidos encontrados para coincidir al centro donde se tendrá una zona de mezclado para dosificar polielectrolito.

Para hacer la filtración se proponen filtros de tasa declinante y de medio dual formado por 50 m de espesor de antracita y 25 cm de espesor de arena.

El módulo de 1.5 m<sup>3</sup>/s tendrá 6 filtros para un caudal promedio de 0.250 m<sup>3</sup>/s cada uno.

Cada filtro está formado por una cámara con dos secciones y un canal central de retrolavado. Los filtros son de tasa declinante y el fondo utilizado es de tipo Leopold para retrolavado con agua y aire.

El agua de retrolavado se hace por gravedad con el agua que filtran los otros 5 filtros que siguen trabajando, el agua entra por el mismo ducto por el que sale el agua filtrada cuando están en esa fase de operación, a ese mismo ducto entra el aire para el retrolavado, para posteriormente entrar al filtro a través del bajo fondo Leopold para repartirse a lo largo y ancho del filtro.

- **Desinfección**

La desinfección se realizará con cloro gas, debido al menor costo que representa con relación a otros desinfectantes.

El cloro es almacenado en tanques especiales con capacidad de 908 Kg. c/u. El cloro se extrae de la fase gaseosa (parte superior del tanque) y es transportado hasta un regulador de vacío para pasar a un evaporador y asegurar que el cloro se encuentre totalmente en fase gas, antes de entrar al clorador, donde se ajusta la cantidad y/o consumo de cloro. Posteriormente, el cloro dosificado es enviado a un eyector.

Se tiene un sistema de bombeo de cloración, que envían el agua a presión hasta el eyector para la extracción de cloro y hacer la disolución del cloro gas en líquido (agua clorada).

Dentro de la Ingeniería básica se contempla la existencia de un sistema de equipos e instrumentos, que forman parte en conjunto del sistema de seguridad, para el manejo de cloro gas.

- Detector de fugas de gas cloro en el edificio de cloración.
- Válvulas de alivio, de seguridad y reguladora de presión en el sistema de distribución de cloro gas.

- Equipo de emergencia para reparar fugas de gas-cloro (Kit B).
- Manómetro de gas cloro con carátula de 4".
- Clorador FX4005C para un gasto máximo de 150 kg/h (8000 PPD)
- Mascarilla y tanque de aire comprimido con duración de 30 min.

### **Sistema de cloración**

Caudal precloración = 1,500 l/s

Caudal Postcloración = 1,490 l/s

Dosificación precloración = 2.0 mg/l

Dosificación postcloración= 4.0 mg/l

Cloro requerido:

Precloración = 259 Kg/d

Postcloración = 515 Kg/d

Consumo quincenal requerido = 11,612 Kg

No. De cilindros requeridos: 16

Presentación: Cloro gas

Peso de cada tanque de cloro: 908 Kg.

Se deberán suministrar, instalar, probar y si es el caso reponer todos los equipos y materiales, y ejecutar todas las actividades necesarias para que el sistema de cloración se integre según se indica en el plano correspondiente y para que funcione correctamente, entre otros suministros y actividades se incluye:

Los 16 tanques en el que se envasará el cloro líquido serán de acero y de forma cilíndrica, con una capacidad de 908 kg (2000 lb) y deberán cumplir con las especificaciones 106A 500, 106A 500X, ICC 27 y B.E.-27 del instituto americano de cloro, así como sus accesorios básicos.

Las válvulas de aislamiento del contenedor (auxiliar de cloro) serán del tipo diseñado por el Instituto del Cloro. El cuerpo de la válvula será de una aleación de bronce, silicio y aluminio; el vástago de monel, con su extremo en forma de cuadrado de 3/8" previsto para abrir y cerrar usando una llave. Se incluirá el enyugue de ensamble (yoke assembly) que será de acero niquelado con un recubrimiento epóxico. En cualquier caso los materiales con que estén conformados estos elementos deberán ser los más apropiados para manejar cloro.

Los contenedores de cloro pueden explotar cuando se calientan, la presión a la que pueden explotar deberá ser señalada por el fabricante para lo cual es necesario el uso del equipo de control como manómetros.

La vida útil de los tanques de cloro son de 5 a 7 años y depende del cuidado de que sean objetos. Al cargarlos con gas cloro puede introducirse en ellos aire cuya humedad puede corroerlos.

La vida útil de los dosificadores de cloro es de 15 años, debiéndose de realizar un mantenimiento periódico y cambiar el rotámetro cada 3 años aproximadamente.

El manejo de cloro debe tener precauciones especiales ya que puede llegar a causar hasta la muerte si el contacto es prolongado ó altas concentraciones. Al llevar a cabo programas de mantenimiento preventivo y correctivo adecuados, revisiones periódicas de su estado de conservación y una buena operación basada en una capacitación efectiva del personal encargado, se minimizan los riesgos. Se deberá contemplar la utilización de detectores de fugas de cloro, así como los equipos necesarios para mantenimiento preventivo del sistema de cloración, además de que dentro del equipo de operación se deberá incluir un equipo de seguridad (KIT B) para control de fugas de cilindros de gas de 908 kg aprobado por el Chlorine Institute. Durante la operación de la Planta Potabilizadora se deberá contar con por lo menos un Equipo de Aire Autónomo de Presión Positiva (SCBA).

Es necesario colocar por lo menos una regadera de emergencia con fuente para lavado de ojos en el área de desinfección. Así mismo se debe colocar un dispositivo para indicar la dirección del viento para que en caso de una eventualidad el personal que labora en la planta pueda dirigirse a un sitio seguro de acuerdo a la dirección del viento, ya que este será el principal factor para el transporte de una nube tóxica.

Deberá evitarse cualquier fuente de ignición o calorífica cercana a los cilindros que contengan cloro ya que éstos pueden explotar cuando se calientan (74°C), por lo cual cuentan con 3 fusibles en cada extremo diseñados para que fundan entre 70 y 73.9 °C. La presión de diseño de los contenedores será señalada por el fabricante para lo cual éstos contarán con equipo de control como manómetros.

Quedará estrictamente prohibido almacenar en el área de cloración cualquier otra sustancia diferente al cloro. Nunca podrá estar en contacto con derivados del petróleo, ácidos minerales no oxidantes, ácidos orgánicos, trementina, alcoholes y glicolas, amidas, aminas alifáticas y aromáticas, carbonatos, cianuros, ditiocarbamatos, compuestos orgánicos halogenados, acetona, hidrógeno, amonía y sulfuro, ya que puede reaccionar violentamente.

El sistema de desinfección deberá estar debidamente identificadas. Se requiere la revisión frecuente de todas las conexiones en las líneas de cloro, Se deberá corregir la menor fuga de cloro inmediatamente ya que se pueden convertir rápidamente en grandes fugas ya que el cloro en presencia de humedad es altamente corrosivo. Toda unión nueva deberá probarse con una estopa humedecida con amonía sostenida cerca de las uniones, los humos blancos de cloruro de amonio señalan las fugas. Evítese el contacto directo del cloro sobre las válvulas y conexiones ya que éste deshace algunos recubrimientos. Nunca trabajar en un sistema presurizado, si hay una fuga, se deberá cerrar la válvula del cilindro, aislar la parte por arreglar, y posteriormente reparar la fuga.

Para evitar la formación de hielo de cloro, el agua a ser desinfectada debe tener una temperatura entre 10 y 26.6°C.

- **Recuperación de Agua de Lavado de Filtros**

En una planta de este tipo el agua que se utiliza para retrolavar los filtros representa una cantidad considerable, del orden del 6% del caudal nominal, en general es agua con una pequeña cantidad de sólidos.

Para recuperar la mayor parte de esa agua se tendrá un tanque de sedimentación simple con tolvas a todo lo largo y ancho de operación intermitente; es decir se llenará, se dejará reposar el agua un cierto tiempo, se bombeará el sobrenadante y los lodos que quedan en el fondo de las tolvas se bombearán a un sistema de espesado.

El diseño de las instalaciones de recuperación de agua de lavado de filtros se basará en la secuencia de lavado que se proponga para el lavado de los filtros y su frecuencia.

a) Secuencia de Lavado de Filtros

Nos referiremos a los filtros del Módulo que se propone construir, que consta de 6 filtros con un área de 72 m<sup>2</sup>, de tasa declinante, lavados con agua y aire, el agua de lavado se envía desde el tanque de aguas claras de este módulo y el aire desde un soplador localizado en la galería de operación de los filtros.

La velocidad de filtración media es 300 m/d, la velocidad de retrolavado 1,175 m/d y la velocidad de aire de lavado 73.2 m/h.

Los filtros de tasa declinante de un mismo módulo funcionan aproximadamente con los mismos niveles del agua dentro del tanque a un tiempo dado, lo anterior se logra teniendo poca limitante de gasto en el elemento de entrada, es decir con poca pérdida, por lo que la limitante al caudal que pasa por un filtro es la pérdida que se tiene en el medio filtrante al irse tapando.

Al tener aproximadamente los mismos niveles del agua, quiere decir que el más limpio estará filtrando el mayor caudal y el que esté más sucio el menor caudal, los intermedios conforme a su ensuciamiento filtrarán un caudal entre el máximo y el mínimo. El lavado de cada filtro se hace lavando el que haga más tiempo que no se haya lavado y así siguiendo una secuencia de orden establecido para todos los filtros.

Al lavar un filtro quiere decir que ese filtro era el más sucio y por lo tanto el que estaba filtrando menos, al lavarlo se incrementa el caudal de filtrado y baja en todos los demás esto hace que baje el nivel del agua en todos los filtros, en ese momento se tiene el nivel más bajo del agua, conforme pasa el tiempo el nivel se incrementa poco a poco dado que todos los filtros se van ensuciando, hasta alcanzar nuevamente el nivel máximo, en ese momento es necesario lavar nuevamente un filtro y se toma el que siga en el orden establecido.

Cada filtro cuenta con 6 válvulas que seccionan las entradas y salidas de agua o aire que se requieren para operar el filtro:

- a) Se tiene una compuerta de entrada de agua a la que se le denomina EAG.
- b) La salida del agua filtrada es por la válvula SAF.
- c) Se tiene una válvula de salida de agua de retrolavado denominada SAL.

- d) Se tienen dos compuertas de desagüe del filtro abajo del nivel de canaleta de agua de lavado que también se opera durante la secuencia para hacer el retrolavado denominadas DES1 y DES2.
- e) La entrada del aire para ayudar en la operación de agitación del medio filtrante y ahorrar agua para el retrolavado se denomina EAI.
- f) La entrada del agua de lavado se hace con la misma válvula de salida de agua filtrada SAF.
- g) La purga del aire que queda atrapado en el filtro se hace con la válvula Palo

La secuencia de lavado propuesta es la siguiente:

1. En la etapa de funcionamiento normal, es decir cuando el agua se está filtrando en todos los filtros se tienen abiertos la compuerta EAG y la válvula SAF y cerradas todas las demás.
2. Cuando el nivel de todos los filtros alcanza el máximo, se selecciona el filtro que le toca lavarse de acuerdo al orden de limpieza de filtros que se lleve, el filtro seleccionado debe ser el que lleve más tiempo sin lavarse.
3. En ese filtro se cierra la compuerta EAG.
4. En ese filtro se cierra la válvula SAF.
5. Se abre la válvula SAL.
6. Se abren las compuertas DES1 y DES2.
7. Se espera hasta que el agua alcanza el nivel 50 cm arriba de la superficie superior de la antracita.
8. Se cierran las compuertas DES1 y DES2.
9. Para iniciar el lavado con aire únicamente, se arranca un soplador de lavado de filtros y se abre su válvula respectiva.
10. Se abre la válvula de filtro EAI.
11. Se espera un tiempo de 5 minutos.
12. Para iniciar el lavado con agua y aire se abre a la mitad la válvula de entrada de agua de lavado SAF para que el flujo sea en sentido contrario al de filtración.
13. Con agua y aire se espera un tiempo de 2 minutos aproximadamente, sin que llegue el agua a la canaleta de lavado, para no perder antracita, ya que con agua aire la expansión es muy fuerte.
14. Se cierra la válvula EAI.
15. Se apaga el soplador que se arrancó y se cierra su válvula.
16. Se abre la válvula PAI durante 1 minuto o hasta que deje de salir aire.
17. Se abre completamente la válvula SAF para que entre toda el agua de lavado.
18. Se cierra la válvula PAI



19. Se espera un tiempo de 8 minutos o hasta que el agua de retrolavado se vea limpia como el agua filtrada, esto quiere decir que ya se arrastró la suciedad que se retuvo en los filtros.
20. Se cierra la válvula EAL y se apaga la bomba de lavado.
21. Se abre la compuerta EAG y se verifica hasta que se establezca el nivel semejante a los otros filtros.
22. Se verifica que en ese filtro se tengan abiertas únicamente la compuerta EAG y la válvula SAF y se tengan todas las otras cerradas.

#### b) Carrera de Filtración

La carrera de los filtros esperada en La Mintzita, la mayor parte del tiempo estará entre 24 y 36 horas, las instalaciones de recuperación de agua deben hacerse para carreras más cortas, en este caso se considerará una carrera de 12 horas, esto representa que para los 6 filtros que forman el Módulo se tendrían 2 lavados por día de cada filtro, es decir en un día se tendrían 12 lavados de filtro, uno cada 2 horas.

Si tomamos en cuenta que por la secuencia de lavado se tendría la descarga del agua de lavado de un filtro durante 8 minutos cada 2 horas para esa carrera.

La velocidad de lavado de 1,175 mld (0.0136 mis) multiplicada por lo 72 m<sup>2</sup> de cada filtro corresponde a un caudal de 0.979 m<sup>3</sup>/s, el tiempo que se puede mantener en un lavado es de 8 minutos, que corresponde a un volumen de 470 m<sup>3</sup>.

Adicional a este volumen se tiene el inicial de vaciado del filtro que corresponde a una profundidad de 2.70 m y un área de 85.68 m<sup>2</sup>, resultando un volumen de 231 m<sup>3</sup>, con lo que se obtiene un volumen total de 701 m<sup>3</sup>.

Este volumen se descargaría cada 2 horas, por ejemplo si a las 0:00 horas se inicia la descarga de agua de lavado de un filtro, de las 0:00 a las 0:12 horas se tendrá un caudal de 979 lis, después de las 0:12 a las 2:00 no se tendrá caudal, de las 2:00 horas a las 2:12 se volverá a tener un caudal de 979 lis; y así sucesivamente.

#### c) Diseño del Tanque de Recuperación de Agua de Lavado de Filtros

La forma de funcionamiento del Tanque de Recuperación de Agua de Lavado de Filtros (TRALF) será en lotes secuenciales de la siguiente forma: recibir el volumen de agua de un lavado, dejar el agua en reposo durante un cierto tiempo para que sedimente, bombear el sobrenadante de este tanque hacia la entrada a floculadores para incorporarla al proceso, bombear los lodos que queden hacia el espesador que recibe también los lodos de los sedimentadores y volver a iniciar esta secuencia con el siguiente lavado de filtros. La secuencia de la operación de un tanque consiste en 12 minutos de llenado, 107 minutos de reposo, 111 minutos de bombeo de agua sobrenadante y 10 minutos de bombeo de lodos. Se proponen dos tanques para dar mayor tiempo de reposo

Las bombas de recirculación de agua deberán ser para un caudal de 100.3 l/s que durante los 111 minutos bombearían los 668 m<sup>3</sup> que corresponden al volumen sobrenadante en los tanques. Se tendrían 2 bombas de ese caudal para cuando se tengan carreras menores a 12

horas se puedan operar las 2 para poder vaciar el sobrenadante en 56 minutos, se tendría además una adicional de reserva, es decir se recomienda tener 3 bombas de 100.3 l/s.

Para los lodos se tendría algo semejante, las bombas serían para un caudal de 56 l/s, teniendo dos, una en operación y una de reserva.

#### d) Arreglo General del Sistema de Manejo de Agua Recuperada y Lodos

El arreglo de las instalaciones de manejo de agua recuperada y lodos se compone de los siguientes elementos principales: tanques de recuperación de agua de lavado de filtros, espesador de lodos y edificio de filtros banda.

#### e) Instalaciones de Agua Recuperada de Lavado de Filtros

Se cuenta con instalaciones de recuperación de agua, se cuenta con dos tanques para poder hacer frente a lavados de manera más frecuente.

- **Deshidratado de Lodos**

Los lodos que se producen en la potabilizadora corresponden los de los sedimentadores y los lodos de los tanques de recirculación de agua de lavado de filtros.

Para el deshidratado de los lodos se propone mandarlos primero a un espesador de gravedad, previa dosificación de polímero para ayudar a la separación de sólidos y agua, posteriormente se mandarían a un filtro banda y la disposición final se deberá hacer en un terreno que acepte este tipo de sólidos o a un relleno sanitario, en el que se pueden utilizar como material de cubierta ya que presenta condiciones muy adecuadas para ello.

Los lodos provienen de los sólidos suspendidos totales que lleva el agua cruda a la entrada del proceso de potabilización y de los compuestos que se le adicionan durante su tratamiento.

Los compuestos que más aportan al volumen de lodos producidos corresponde a la dosificación de sustancias coagulantes que combinadas con los sólidos suspendidos totales, forman el lodo total. Para la cantidad de lodos en base seca de 3,523.50 Kg/d se obtiene un volumen de 703.69 m<sup>3</sup>/d.

- **Espesamiento de los Lodos**

Los lodos del tanque de recuperación de agua de lavado se mezclarán con los que salgan de sedimentadores del proceso principal, a la entrada se les dosificará polímero para mejorar la separación de los sólidos.

Los lodos a la entrada a espesadores tienen una concentración de 0.5% de sólidos, la cantidad de lodos en base seca es de 3,523.50 Kg/d, representan un volumen de 703.69 m<sup>3</sup>/d.

Para dimensionar el espesador de lodos se utilizó una carga hidráulica de  $8.16 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$  y una carga de sólidos de  $37.5 \text{ Kg}/\text{m}^2/\text{d}$ , por lo que aplicando estos parámetros y tomando lo más desfavorable se llegó a un diámetro necesario de 11 m.

En el espesador se logra una captura de 85%, por lo que los lodos espesados tienen un peso de sólidos de 2,994.98 Kg/d Y una concentración de 4.0% de sólidos, por lo que el volumen resultante es de 74.02 m<sup>3</sup>/d.

El agua que se recupera en el espesador es de 629.67 m<sup>3</sup>/d, tiene una cantidad de sólidos de 528.53 Kg/d, lo que representa una concentración de 839.3 mg/l, es decir esta agua tiene que entrar a un sistema de floculación y sedimentación para incorporarse al proceso.

- **Filtro Banda para la Deshidratación de los Lodos**

Con la finalidad de que la disposición de los sólidos separados del agua en el proceso de potabilización, se deshidratarán en un equipo de filtro banda, para por un lado recuperar agua y por otro hacer una torta de lodos de menor volumen y más fácil disposición.

En la entrada al sistema de deshidratación se tiene el lodo de salida del espesador es decir un peso de sólidos de 2,994.98 Kg/d Y una concentración de 4.0% de sólidos, por lo que el volumen resultante es de 74.02 m<sup>3</sup>/d.

En la salida se pretende una concentración de sólidos de 22% con un porcentaje de captura de 90%, por lo que a la descarga del filtro banda se tendrán 2,695.5 Kg/d de sólidos con un volumen húmedo diario de 11.48 m<sup>3</sup>.

El agua retirada en este proceso es de 62.54 m<sup>3</sup>/d con un contenido de sólidos de 299.50 Kg/d, con una concentración de 4,789.15 mg/l, este caudal se puede recircular o desecharse, pero se recomienda meter junto con el agua retirada en el espesamiento al inicio del proceso a los floculadores.

El diseño de las instalaciones se realizó con una carga de sólidos de 115 kg/h/m de ancho de banda, se consideró que el equipo trabaja 16 horas diarias durante 6 días a la semana, llegándose a que se necesita 1 filtro banda de 2 m de ancho.

### V.3 HOJAS DE SEGURIDAD

El mayor riesgo dentro de las instalaciones de la Planta Potabilizadora es el manejo, operación y almacenamiento del gas cloro, ya que es un gas tóxico que atenta con la salud e inclusive puede causar la muerte a exposiciones prolongadas, adicionalmente en presencia de humedad se vuelve corrosivo por lo que una falla pequeña no atendida puede convertirse en un problema mayor. Las fallas más comunes son fugas en conexiones y por una mala operación del sistema.

El cloro deberá almacenarse evitando que entre en contacto con gasolina u otros derivados del petróleo, ácidos minerales no oxidantes, ácidos orgánicos, trementina, alcoholes y glicolas, amidas, aminas alifáticas y aromáticas, carbonatos, cianuros, ditiocarbamatos, compuestos orgánicos halogenados, acetona, hidrógeno, amonía y sulfuro, ya que puede reaccionar violentamente.

En el anexo “Hojas de Datos de Seguridad” se incluye la hoja correspondiente al cloro.

#### V.4 ALMACENAMIENTO

Para el sistema de desinfección se requerirán 16 cilindros de acero para el almacenamiento del gas cloro, con capacidad de 908 kg cada uno (2,000 lbs). La longitud de cada cilindro es de 2.08 m y de sección circular de 0.762 m de diámetro. Y deberán cumplir con las especificaciones 106A 500, 106A 500X, ICC 27 y B.E.-27 del instituto americano de cloro, así como sus accesorios básicos.

El manejo y almacenamiento del cloro deberá basarse en la Norma Oficial Mexicana NOM-009-STPS-1993. Relativa a las condiciones de seguridad e higiene para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias corrosivas, irritantes y tóxicas en los centros de trabajo.

Quedará estrictamente prohibido almacenar en el área de cloración cualquier otra sustancia diferente al cloro. Nunca podrá estar en contacto con derivados del petróleo, ácidos minerales no oxidantes, ácidos orgánicos, trementina, alcoholes y glicolas, amidas, aminas alifáticas y aromáticas, carbonatos, cianuros, ditiocarbamatos, compuestos orgánicos halogenados, acetona, hidrógeno, amonía y sulfuro, ya que puede reaccionar violentamente.

Las tapas de los contenedores serán cóncavas y tendrá las siguientes dimensiones: peso (a tanque vacío) de 1,300 a 1,600 lb (590 a 726 kg), diámetro exterior 30” (76 cm) y altura o longitud total de 79 ¾” a 82 ½” (203 a 210 cm). Se trata de contenedores soldados, que llenos, soportarán un peso máximo de 3,700 lb (1,678 kg).

Cabe mencionar que los cilindros de cloro de 908 Kg, al tratarse de tanques sujetos a presión, deberán ser avalados por la STPS (Secretaría del Trabajo y Previsión Social). Los contenedores deberán contar con la certificación que avale el que han cumplido con las especificaciones requeridas, tanto por escrito como inscritas en el propio contenedor que deberá contar con:

- ICC número de especificación
- Material y clase de revestimiento
- Identificación del constructor o propietario y número de serie
- Marca oficial del inspector
- Fecha de pruebas de fabricación (mes y año con números) con espacio para inscribir las fechas de pruebas subsecuentes.
- Volumen, expresado en 4 cifras en lb o kg.
- Los contenedores de cloro de 908 kg de capacidad deberán contar con todos los dispositivos de seguridad y cumplir con las especificaciones según código A.S.M.E. sección VIII. Los accesorios que incluye el contenedor son:
  - Válvulas para cloro, serán del tipo de las diseñadas por el Instituto del Cloro. Son dos, se sitúan cerca del centro de una de las tapas cóncavas del contenedor y están cargadas ligeramente hacia arriba y abajo, la superior se utiliza para la extracción del cloro en su fase gaseosa y la inferior para la extracción en su fase líquida.

- Fusibles de seguridad, serán del tipo de los diseñados por el instituto del cloro. Son 6 se localizan 3 en cada cara del contenedor y están espaciados a 120°.
- Protector de válvulas, consistentes en capuchas de metal que están sobrepuestas en las válvulas.

Los contenedores se suministrarán llenos de cloro líquido, debidamente equipados con sus válvulas y dispositivos de seguridad, que serán del tipo diseñado por el instituto de cloro, incluyendo llaves y capuchón protector para válvulas.

Todos los equipos y accesorios serán suministrados, instalados y probados por el Contratista a entera satisfacción del Ingeniero Residente.

El almacenaje adecuado y seguro de los contenedores así como el transporte deberá cumplir con los reglamentos y especificaciones de ICC.

Además para la recepción de los contenedores, se deben recibir los documentos que amparen satisfactoriamente las siguientes pruebas:

- Hidrodinámica
- Neumática
- Revelado de soldadura
- Garantía de acero

Las válvulas de aislamiento del contenedor (auxiliar de cloro) serán del tipo diseñado por el Instituto del Cloro. El cuerpo de la válvula será de una aleación de bronce, silicio y aluminio; el vástago de monel, con su extremo en forma de cuadrado de 3/8" previsto para abrir y cerrar usando una llave.

Estas válvulas se conectarán a los contenedores y a los conectores flexibles que van al múltiple de descarga.

Los contenedores de cloro pueden explotar cuando se calientan, la presión a la que pueden explotar deberá ser señalada por el fabricante para lo cual es necesario el uso del equipo de control como manómetros.

La vida útil de los tanques de cloro son de 5 a 7 años y depende del cuidado de que sean objetos. Al cargarlos con gas cloro puede introducirse en ellos aire cuya humedad puede corroerlos. La vida útil de los dosificadores de cloro es de 15 años, debiéndose de realizar un mantenimiento periódico y cambiar el rotámetro cada 3 años aproximadamente.

Para el polímero para el espesamiento de los lodos se requerirá de tres contenedores de 1,050 kg de capacidad.

## V.5 EQUIPOS DE PROCESO Y AUXILIARES

**TABLA V.1 EQUIPAMIENTO DE LA PLANTA POTABILIZADORA (continúa)**

DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD
Caja de demasías	Rectangular (concreto)	1
Criba de barras	Manual	1
Criba de barras	Automático	2
Separador de arena	Ciclónico circular	2
Clasificador de arena	Helicoidal	1
Trampa de grasas y aceites	Mamparas	1
Removedor de grasas y aceites	Cuerda oleofilica y rodillo exprimidor	1
Carcamo de Bombeo	Rectangular	1
Deposito de aceite	Rectangular	1
Bombas de alimentación a Cribas	Sumergible	4
Bombas de alimentación a Cribas	Sumergible	3
Sopladores	Centrifugo de una etapa turbina	3
Cribas finas	Tamiz cilindrico	8
Transportador de lodos	Tornillo	1
Selector	Anaerobio	2
Mezclador de selector	Hiperboloide	2
Reactor de lodos activados	Convencional	4
Clarificador	Integral rectangular	4
Cárcamo de recirculación de lodos	Cuadrado	4
Cortina de clarificador	Estructura metálica, cortina liner	4
Rastra de clarificador	Tubular	4
Bomba de recirculación de lodos	Sumergible	12
Bomba para eyector	Centrifuga	2
Canal de contacto con cloro	Trapezoidal en liner	1
Tanque de cloro gas	Cilíndricos	24
Evaporador	N/A	1
Clorador	N/A	1
Eyector	N/A	1
Báscula	Hidráulica	1
Tanque de lodos	Circular (concreto)	1
Bomba de alimentación a mesa espesadora	Cavidad progresiva	2
Mesa espesadora de lodos	Banda a gravedad	2
Filtro banda	Banda a gravedad	2
Compresor de aire	Pistón	1
Bombas de lavado de bandas	Vertical multietapas alta presión	2
Sistema de dosificación de polímero	Polyblend	2
Compactador de lodos primarios		1

**TABLA V.1 EQUIPAMIENTO DE LA PLANTA POTABILIZADORA (Continuación)**

DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD
Transportador de lodos biológicos deshidratados	Banda o helicoidal	1
Transportador de lodo primario compactado	Banda o helicoidal	1
Silo de Cal	Metálico (ac. Al carbón)	2
Bomba para limpieza de cribas finas	Vertical multietapas alta presión	2
Sistema hidroneumático para agua de servicio		1
Bomba de agua para riego	Centrifuga	2
Malaxador	Metálico (ac. Al carbón) helicoidal	2

## V.6 CONDICIONES DE OPERACIÓN

En cuanto a las instalaciones generales de la planta potabilizadora se deberá llevar a cabo los mantenimientos y acciones estipuladas en el manual de operación y mantenimiento respectivo.

El mayor riesgo dentro de las instalaciones de la Planta Potabilizadora es el manejo, operación y almacenamiento del gas cloro, ya que es un gas tóxico que atenta con la salud e inclusive puede causar la muerte a exposiciones prolongadas, adicionalmente en presencia de humedad se vuelve corrosivo por lo que una falla pequeña no atendida puede convertirse en un problema mayor. Las fallas más comunes son fugas en conexiones y por una mala operación del sistema.

A continuación se describirán los parámetros de operación del cloro, ya que, como se ha mencionado, es la sustancia que nos conlleva a mayor preocupación dentro del proceso.

### Operación:

El flujo de gas en el clorador es causado por el vacío creado en el inyector y la presión presente en el depósito de cloro. Este flujo es controlado por una serie de válvulas de diafragma operadas por resorte. El vacío ejercerá un tirón sobre el diafragma de la válvula reguladora de presión y abrirá el asiento de entrada. La entrada de cloro mantendrá este vacío a un valor prácticamente constante. El vacío antes de la válvula de tasa de flujo es algo mayor debido a la caída de presión a través del rotámetro. La válvula reguladora de vacío está diseñada para mantener una caída de presión constante a través de la válvula de tasa de flujo. Así que el flujo a través de la válvula de tasa de flujo, orificio V-notch o válvula de aguja, es únicamente una función del tamaño del orificio determinado por la posición de la válvula de tasa de flujo ajustado manualmente por el operador. De la válvula reguladora de vacío el gas pasa al inyector donde es mezclado con el agua y la solución resultante es descargada al punto de aplicación.

La válvula de alivio de presión-vacío tiene dos propósitos. El primero es el de admitir aire del venteo para liberar el exceso de vacío en el sistema, ocasionando ya sea por que el suministro de cloro es agotado o cortado, o falle la válvula reguladora de vacío, en este caso el diafragma de la válvula de alivio de presión-vacío es jalado para que el vástago de la

válvula abra y admita aire del venteo. Si la válvula reguladora de presión no asienta correctamente y se desarrolla una ligera presión positiva en el clorador, el diafragma de la válvula de alivio de presión-vacío es forzado en la dirección opuesta y la presión es liberada a través del diafragma, al venteo; siendo éste último el segundo propósito.

### **Mantenimiento**

En un sistema de cloración es imprescindible que se cuente con un programa de mantenimiento preventivo ya que éste requiere de vigilancia continua, debido a que un descuido o negligencia puede resultar en un peligro para el personal o daño del equipo.

**TABLA V.2 MANTENIMIENTO A EQUIPO**

<b>Elemento</b>	<b>Observaciones y Cuidados</b>
Bombas	Para un correcto funcionamiento deberán revisarse y reemplazar sus elementos gastados cada 2, 5 y 10 años y cada vez que se requiera.
Dosificadores de cloro	Se deberá llevar mantenimiento periódico y cambiar el rotámetro cada 3 años aproximadamente.
Tanques de cloro	Tener cuidado por que al cargarlos con gas cloro puede introducirse en ellos aire cuya humedad puede corroerlos.
Rastras Sedimentador	Se deberán pintar por lo menos cada 2 años con el fin de evitar su corrosión.
Digestor	Mantenimiento y reemplazo de piezas cada 2, 5 y 12 años o antes si es necesario.
Filtros Banda	Se deberá llevar mantenimiento periódico y revisión de las instalaciones.
Alarmas	Deben dárseles mantenimiento periódico para evitar que se peguen.
Válvulas	Dar mantenimiento cada 7 años o cuando se requiera cambiar empaques.
Válvulas check	Se deberá llevar mantenimiento periódico de lubricación, pintura para evitar su corrosión y revisión de tornillos y juntas.
Tuberías de PVC	Son ligeras y en caso de estar superficiales pueden llegar a romperse al someterse a cargas excesivas.
Tuberías de Acero	Se incrustan y son susceptibles de corrosión.

Se contempla la utilización de un equipo de seguridad para control de fugas de cilindros de gas cloro de 908 kg aprobado por el Chlorine Institute conocido como "Kit B", éste equipo contiene las herramientas necesarias para una intervención inmediata para controlar las fugas e inclusive eliminarlas, obviamente se requiere la capacitación del personal que lo maneje.

Debido a que un mantenimiento apropiado y oportuno dentro de las instalaciones es el camino más adecuado para minimizar los riesgos, se contempla la adquisición de equipos de mantenimiento preventivo tanto para el regulador de vacío, como para el clorador con el fin de garantizar una correcta operación del sistema.



El sistema de cloración contempla válvulas de seccionamiento con el fin de aislar en determinado momento alguna parte del sistema lo que favorecerá en caso de fuga o de mantenimiento de las líneas y accesorios.

Las válvulas check evitarán que exista flujo inverso al deseado evitando problemas de sobrepresión.

Para garantizar que la dosificación de proyecto se cumpla se tiene contemplada una válvula dosificadora automática.

Para evitar corrosión en las líneas en caso de fuga toda la instalación del sistema de cloro esta resulta a base de tubería de PVC.

La programación de las actividades a desarrollar será de acuerdo al manual de operación y mantenimiento de la Planta Potabilizadora, siguiendo para ello los tiempos señalados para mantenimientos preventivos y correctivos y la vida útil de las piezas y equipos involucrados.

En base a bibliografía especializada se sabe que en los procesos de tratamiento en donde se utiliza gas cloro, los accidentes más frecuentes, es por un mal manejo de la sustancia, presentándose la mayor incidencia por fugas en las conexiones de tuberías, válvulas y accesorios, siendo las más comunes cuando se conecta o desconecta una tubería flexible o manguera. Algunas de las causas para poder presentarse alguna fuga son las siguientes:

1. - Fallas en los empaques, fuga en el sello de la bomba, orificio producto de la corrosión, mala conexión: Si hay una pequeña fuga en el recipiente por un periodo relativamente largo, el cloro se liberará en una cantidad constante y se transformará en vapor. Una fuga con un orificio de  $\frac{1}{4}$  " es representativa de este caso.
2. - Orificio en una tubería larga: Sí la tubería que une al depósito de cloro es larga se pueden producir evaporaciones en la descarga; una mezcla de vapor y liquido será liberada a la atmósfera.
3. - Desprendimiento de una válvula: Cuando un cilindro cae y la válvula se desprende, se liberará a la atmósfera el cloro en forma líquida y gaseosa. De la misma manera sí una válvula de un cilindro de una tonelada se desprende, dejará libre un orificio de 5/16" y se formará inmediatamente una nube de gas del cloro liberado.

Adicionalmente se sabe que existen riesgos intrínsecos a la operación de las Plantas de tratamiento como son riesgos a la salud por no llevar las acciones de higiene adecuadas dentro de las instalaciones, que los trabajadores estarán en contacto directo tanto con los reactivos químicos utilizados, los lodos y los aerosoles producidos. En caso de fuga de gas cloro la salud de los trabajadores se verá afectada en primer instancia ya que éste es un gas tóxico que puede llegar a causar la muerte.

Debido a que un mantenimiento apropiado y oportuno dentro de las instalaciones es el camino más adecuado para minimizar los riesgos, se contempla la adquisición de equipos de mantenimiento preventivo tanto para el regulador de vacío, como para el clorador con el fin de garantizar una correcta operación de la Planta Potabilizadora.

En lo referente al control y operación del sistema de cloración, se deberán realizar las acciones señaladas en el inciso correspondiente a la Descripción de Medidas de Seguridad y

Operación para abatir el Riesgo, además de que en caso de presentarse alguna de las fallas mencionadas en la tabla V.3, se deberán aplicar las acciones respectivas que en ella se describen.

**TABLA V.3. PRINCIPALES FALLAS EN LA OPERACIÓN DEL SISTEMA DE CLORACIÓN Y SUS RESPECTIVAS MEDIDAS CORRECTORAS.**

FALLA	ACCIÓN PREVENTIVA Y/O CORRECTIVA
Fuga de cloro en el clorador.	Interrumpa el flujo de gas al clorador. Deje el inyector sobre la línea. Permita que el clorador opere y vacíe el cloro gas por tres o cinco minutos hasta cero kg/cm <sup>2</sup> en el manómetro de presión de cloro. Repare la fuga y use el clorador de repuesto mientras hace la reparación.
Presión de gas demasiado baja, menos de 1.4 kg/cm <sup>2</sup> . Alarma operando.	a) Verificación periodica del suministro de cloro en los depósitos para que no se encuentren vacíos b) Pare el evaporador y vea la sección del evaporador. c) Inspeccione el múltiple por válvulas cerradas o filtros restringidos. Corrija operando válvulas de otro múltiple o ajuste válvulas y controles para posición correcta.
Vacío de inyector demasiado bajo.	a) Ajuste el inyector para lograr el vacío requerido. b) Inspeccione el sistema de suministro de agua, puede ser que la bomba este parada, los filtros sucios o bomba desgastada . c) Inspeccione la línea de descarga del inyector. Verifique lo siguiente: d) Verifique que la válvula no se encuentre total o parcialmente cerrada e) Verifique que no se encuentre una línea rota, reduciendo el flujo o incrementando la contrapresión. f) Verifique que el difusor no este tapado, restringiendo el flujo y creando una contrapresión más alta en la línea de descarga o inyector. Limpie el difusor y la tubería.

## V.6.1 TEMPERATURAS Y PRESIONES DE DISEÑO Y OPERACIÓN

### V.6.1.1 Temperatura de operación

El agua a ser desinfectada debe tener una temperatura entre 10 y 26.6 °C ya que a temperaturas de 9.56°C o menores, se forma una disolución acuosa saturada de cloro que da origen a un sólido con ocho moléculas de agua llamada hielo de cloro (Cl<sub>2</sub> 8H<sub>2</sub>O).

### V.6.1.2 Presiones extremas de operación

- La presión del gas cloro en el clorador debe estar entre 1.4 y 2.11 kg/cm<sup>2</sup>

- La presión del agua en el inyector estará en el rango de 2.81 a 6.33 kg/cm<sup>2</sup> dependiendo del sistema.
- Los valores en el vacío del inyector deberán estar entre 38.1 y 63.5 cm de mercurio.
- Los valores en el vacío del clorador se deben mantener en el rango de 12.7 a 25.4 cm de mercurio.

La presión en el abastecedor de cloro deberá estar entre 1.4 y 2.81 kg/ cm<sup>2</sup>.

### **V.6.2 ESTADO FÍSICO DE LAS DIVERSAS CORRIENTES DEL PROCESO**

El cloro es almacenado en tanques especiales con capacidad de 908 Kg. c/u. El cloro se extrae de la fase gaseosa (parte superior del tanque) y es transportado hasta un regulador de vacío para pasar a un evaporador y asegurar que el cloro se encuentre totalmente en fase gas, antes de entrar al clorador, donde se ajusta la cantidad y/o consumo de cloro. Posteriormente, el cloro dosificado es enviado a un eyector.

Se tiene un sistema de bombeo de cloración, que envían el agua a presión hasta el eyector para la extracción de cloro y hacer la disolución del cloro gas en líquido (agua clorada).

### **V.6.3 CARACTERÍSTICAS DEL RÉGIMEN OPERATIVO DE LA INSTALACIÓN**

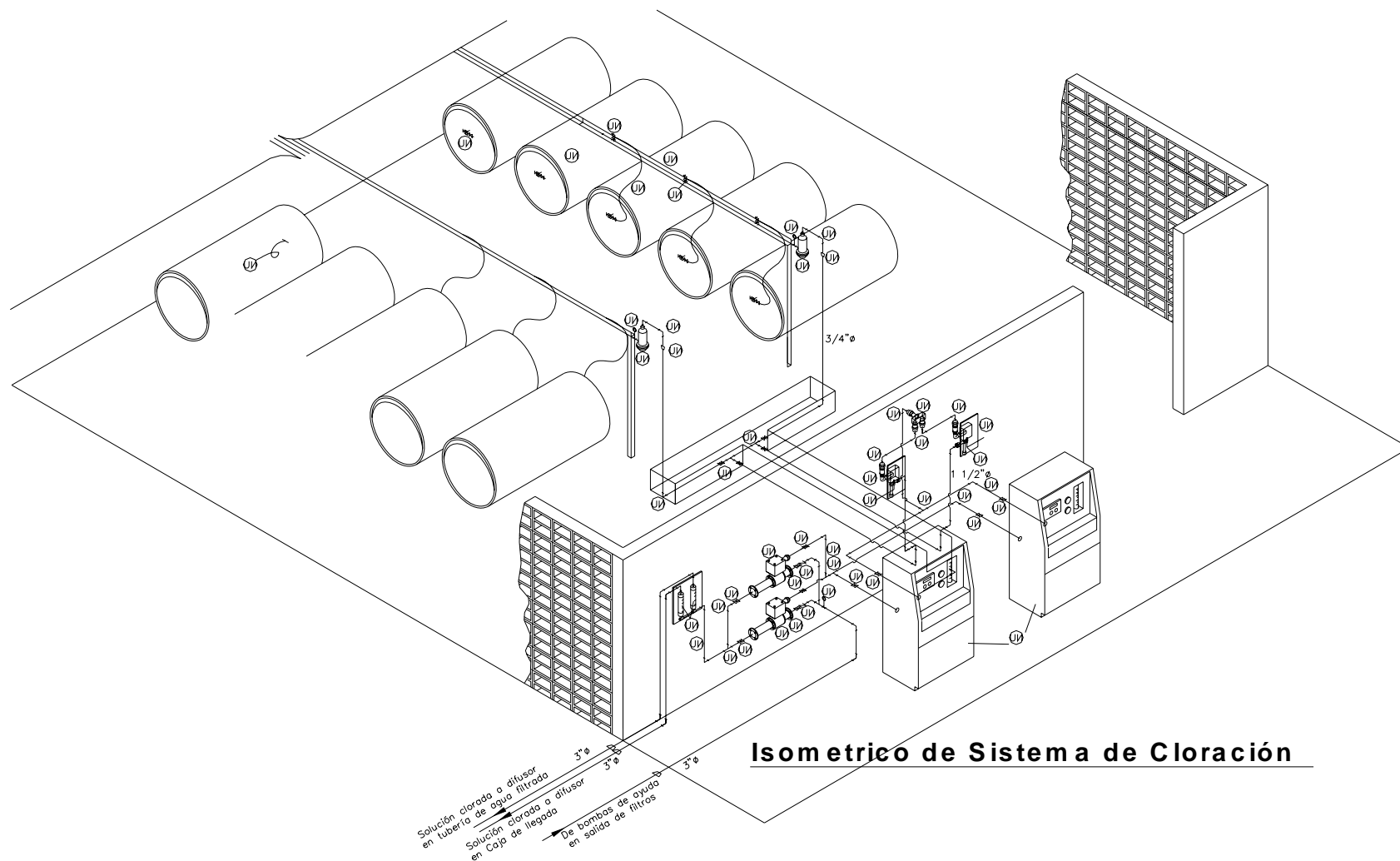
El régimen operativo de la Planta Potabilizadora será continuo.

### **V.6.4 DIAGRAMAS DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN (DTI'S) CON BASE EN LA INGENIERÍA DE DETALLE Y CON LA SIMBOLOGÍA CORRESPONDIENTE**

La instrumentación del sistema de cloración de la Planta Potabilizadora se realizará conforme a lo especificado en los planos correspondientes (ver plano funcional del sistema de cloración en el anexo de planos). Se deberá verificar que el contratista que lleve a cabo la instalación y suministro del equipo requerido, cumpla con lo especificado por el proyecto ejecutivo que tomará en cuenta la ingeniería básica tomada en cuenta para la realización del presente estudio y debiendo dejar operando el sistema de cloración correctamente.

A continuación se incluyen los croquis del Sistema de cloración. A partir del cual se pueden identificar los posibles eventos no deseados que pueden suscitarse en el proceso y con ello realizar el análisis y evaluación de riesgos en el siguiente capítulo.

**FIGURA V.1 DIAGRAMA ISOMETRICO DEL SISTEMA DE CLORACIÓN**



**Isometrico de Sistema de Cloración**



V	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	V-1
V.1	BASES DE DISEÑO .....	V-1
V.1.1	PROYECTO CIVIL.....	V-1
V.1.2	PROYECTO MECÁNICO.....	V-1
V.1.3	PROYECTO ELÉCTRICO .....	V-1
V.1.4	PROYECTO SISTEMA CONTRA-INCENDIO .....	V-2
V.2	DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO .....	V-4
V.3	HOJAS DE SEGURIDAD.....	V-16
V.4	ALMACENAMIENTO .....	V-17
V.5	EQUIPOS DE PROCESO Y AUXILIARES .....	V-19
V.6	CONDICIONES DE OPERACIÓN .....	V-20
V.6.1	Temperaturas y presiones de diseño y operación .....	V-23
V.6.2	Estado físico de las diversas corrientes del proceso .....	V-24
V.6.3	Características del régimen operativo de la instalación.....	V-24
V.6.4	Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's) con base en la ingeniería de detalle y con la simbología correspondiente .....	V-24

## VI ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

### VI.1 ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES

Hacia el año de 1995 los accidentes con cloro representaban el 3.06% del total de accidentes reportados dentro del periodo comprendido entre el mes de junio de 1990 a diciembre de 1995.

Por su parte la PROFEPA en el periodo de 1990-96 reporta 33 accidentes químicos relacionados con cloro y compuestos de cloro, sin especificar a que rubro pertenecen, lo que representa el 3.9% del total de accidentes químicos ocurridos en el ámbito nacional en el periodo mencionado.

El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), durante el periodo comprendido entre junio de 1990 a julio de 1999, tiene registrados 36 accidentes que involucran la sustancia cloro, 15 ocurrieron en el interior de las instalaciones, mientras que el resto de los accidentes fueron durante su transporte.

De los accidentes registrados dentro de las instalaciones, 11 fueron por fuga, de ellos 8 fueron de gas cloro y uno de ellos ocurrió en una Planta de Tratamiento de aguas residuales por descuido en el cuarto de cloración. El resto se repartió de la siguiente manera un derrame de hipoclorito de sodio, un incendio de una bodega en cuyo interior había 20 cajas de cloro, no es imputable el incendio a ésta sustancia, un evento de intoxicación de 22 menores por fuga de cloralex y sarricida, y un evento no especificado.

En cuanto a accidentes ocurridos en el transporte la mayoría de las causas fue por imprudencia del operador y exceso de velocidad. Otras causas importantes son el mal estado mecánico de los vehículos transportistas.

Como se puede observar en los párrafos anteriores en 9 años de historial solamente hubo un accidente registrado en una Planta de Tratamiento, la que se podría equiparar en cuanto al sistema de cloración con el proyecto en cuestión, y este accidente fue imputado a un "descuido" en el cuarto de máquinas, lo que conlleva a ser una falla de carácter operacional.

Con base a la bibliografía especializada se sabe que en el tratamiento de aguas en donde se utiliza gas cloro para su desinfección, cuando suceden los accidentes en donde está involucrada dicha sustancia, la mayor incidencia es por fugas en las conexiones de tuberías, válvulas y accesorios, siendo las más comunes cuando se conecta o desconecta una tubería flexible o manguera. Algunas de las causas para poder presentarse alguna fuga son las siguientes:

1. - Fallas en los empaques, fuga en el sello de la bomba, orificio producto de la corrosión, mala conexión.

Si hay una pequeña fuga en el recipiente por un periodo relativamente largo, el cloro se liberará en una cantidad constante y se transformará en vapor. Una fuga con un orificio de ¼" es representativa de este caso.

2. - Orificio en una tubería larga.

Sí la tubería que une al depósito de cloro es larga, se pueden producir evaporaciones en la descarga y una mezcla de vapor y líquido será liberada a la atmósfera.

3. - Desprendimiento de una válvula.

Cuando un cilindro cae y la válvula se desprende, se liberará a la atmósfera el cloro en forma líquida y gaseosa. De la misma manera sí una válvula de un cilindro de una tonelada se desprende, dejará libre un orificio de 5/16" y se formará inmediatamente una nube de gas del cloro liberado.

En caso de fuga de gas cloro la salud de los trabajadores se verá afectada en primera instancia ya que éste es un gas tóxico que puede llegar a causar la muerte.

## VI.2 METODOLOGÍAS DE IDENTIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN

Los accidentes más comunes que se presentan en los sistemas que utilizan cloro son daños físicos, y peligros ocasionados por la presencia de gases o vapores tóxicos. Dichos accidentes se deben principalmente a descuidos y a la falta de disciplina, lo que se puede evitar implementando un reglamento de seguridad interno para prevenirlos.

El mayor riesgo dentro de las instalaciones de la Planta potabilizadora es el manejo, operación y almacenamiento del gas cloro, ya que como se ha dicho es un gas tóxico que atenta con la salud e inclusive puede causar la muerte a exposiciones prolongadas, adicionalmente en presencia de humedad se vuelve corrosivo por lo que una falla pequeña no atendida puede convertirse en un problema mayor. Las fallas más comunes son fugas en conexiones y por una mala operación del sistema.

Es preciso llevar un control adecuado para que la dosificación del gas cloro sea de acuerdo a lo estipulado en el proyecto ejecutivo, con el fin de garantizar que concentración requerida garantice la calidad estipulada del agua tratada.

En cuanto al transporte del gas cloro, el proveedor contratado será el responsable de esto ya que se contratará el servicio colocado en el lugar por lo que una vez puesto en su lugar no se requerirá trasladar a otra parte hasta que se vacíe. Es necesario que antes de contratar sus servicios se deberá verificar que el proveedor cuente con los permisos correspondientes de la SCT, SEMARNAT y PROFECO.

Cuando sea necesario el ingreso de personal para realizar la limpieza y mantenimiento en cualquier unidad de tratamiento, deberá contar con un equipo de protección personal que incluya máscara, botas antiderrapantes y de casquillo, guantes, overol, etc.; con el fin de minimizar los riesgos de trabajo inherentes a la operación y mantenimiento de la propia Potabilizadora. Asimismo se deberá disponer de un sistema de elevación, que puede ser un malacate, a fin de que la persona que se introduzca pueda ser sacada rápidamente en caso de que así se requiera. Antes de entrar a cualquier tanque deberá dejarse ventilar con el fin de evitar algún accidente por gases tóxicos almacenados.

La metodología utilizada para la identificación y evaluación de riesgos en la Planta Potabilizadora se basó en el índice Mond para fuego, explosión y toxicidad.



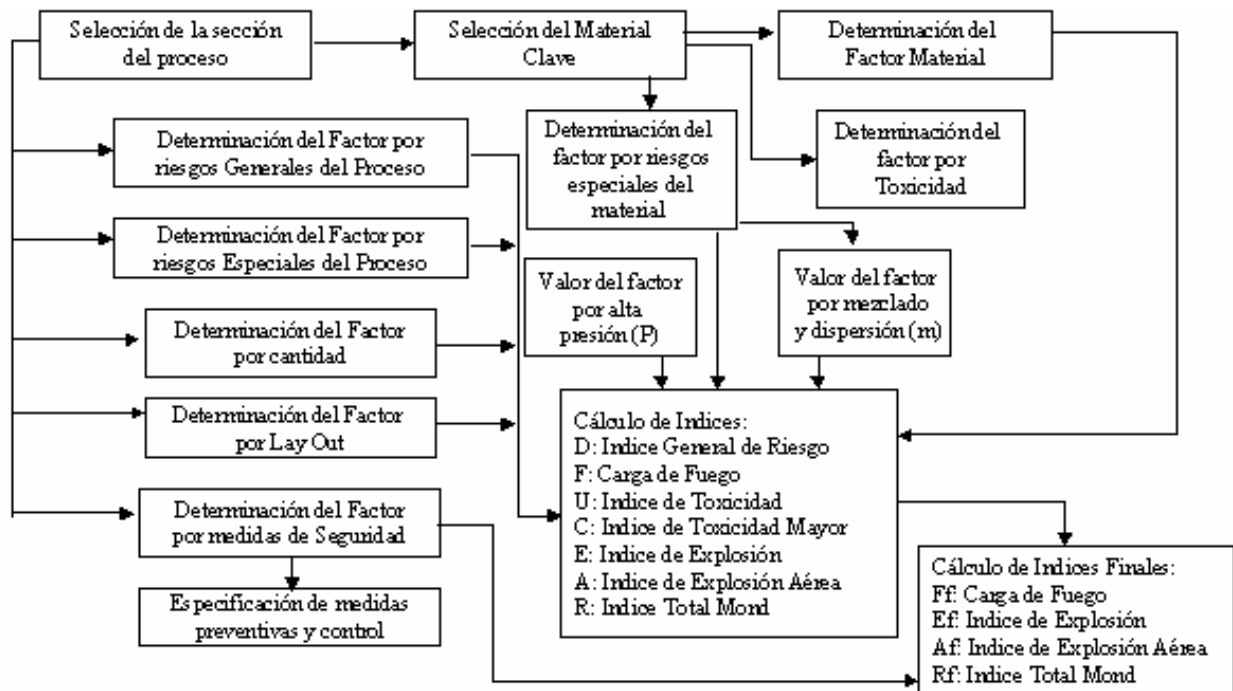
Se trata de un método cualitativo aunque puede calificarse relativamente cuantitativo cuya virtud permite valorar la influencia de posibles medidas de seguridad sobre el nivel del riesgo a la vez que establecer una clasificación de las unidades de una planta en función de su mayor peligrosidad.

Éste método se basa en la asignación de penalizaciones o bonificaciones a las unidades de proceso en función de sus características específicas.

Las penalizaciones se asignan por la existencia de productos o condiciones del proceso que puedan contribuir a un accidente mientras que las bonificaciones se aplican en función de las medidas de seguridad existentes que puedan amortiguar los efectos de un accidente.

Estas bonificaciones o penalizaciones se combinan para obtener unos índices de riesgo asignables a cada unidad. Lo que permite obtener índices numéricos de riesgo para cada sección de instalaciones industriales en función de las características de las sustancias manejadas, de su cantidad, del tipo de proceso y de las condiciones específicas de operación.

**FIGURA VI.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL INDICE MOND**



**TABLA VI.1 FACTORES DE PENALIZACIÓN Y BONIFICACIÓN Y ESCALAS DE RIESGO DEL INDICE MOND**

<b>FACTORES DE PENALIZACIÓN</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Propia sustancia</li> <li>- Riesgo específico sustancia</li> <li>- Riesgo general proceso</li> <li>- Inventario</li> <li>- Tipo de construcción</li> <li>- Toxicidad</li> </ul>	<b>INDICES DE RIESGO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Índice general de riesgo</li> <li>- Índice riesgo incendio</li> <li>- Índice riesgo explosión Interna</li> <li>- Índice riesgo explosión externa</li> <li>- Índice de riesgo tóxico</li> </ul>																		
<b>FACTORES DE BONIFICACIÓN</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistemas de contención</li> <li>- Sistemas de control de proceso</li> <li>- Política de seguridad</li> <li>- Sistemas de protección</li> <li>- Sistemas de asilamiento</li> <li>- Sistemas de Lucha</li> </ul>	<b>ESCALA DE RIESGOS</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Índice mond</th> <th style="text-align: left;">Categoría riesgo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-20</td> <td>Leve</td> </tr> <tr> <td>20-100</td> <td>Bajo</td> </tr> <tr> <td>100-500</td> <td>Moderado</td> </tr> <tr> <td>500-1,100</td> <td>Alto</td> </tr> <tr> <td>1,100-2,500</td> <td>Alto (GR2)</td> </tr> <tr> <td>2,500-12,500</td> <td>Muy Alto</td> </tr> <tr> <td>12,500-65,000</td> <td>Extremo</td> </tr> <tr> <td>&gt; 65,000</td> <td>Muy Extremo</td> </tr> </tbody> </table>	Índice mond	Categoría riesgo	0-20	Leve	20-100	Bajo	100-500	Moderado	500-1,100	Alto	1,100-2,500	Alto (GR2)	2,500-12,500	Muy Alto	12,500-65,000	Extremo	> 65,000	Muy Extremo
Índice mond	Categoría riesgo																		
0-20	Leve																		
20-100	Bajo																		
100-500	Moderado																		
500-1,100	Alto																		
1,100-2,500	Alto (GR2)																		
2,500-12,500	Muy Alto																		
12,500-65,000	Extremo																		
> 65,000	Muy Extremo																		

Para el caso particular de la Planta Potabilizadora los resultados obtenidos a partir de esta metodología son los siguientes, el cálculo completo se integra dentro del anexo respectivo.

**TABLA VI.2 RESUMEN INDICES MOND**

ÍNDICES	VALOR	CATEGORÍA
General de riesgo	2,155.63	Muy catastrófico
Carga de fuego	20,426.89	Ligero
Toxicidad de la unidad	39.74	Muy alto
Toxicidad mayor	3,973.65	Muy alto
Explosión	6.23	Muy alto
Explosión aérea	87.16	Moderado
Total Mond	47,404.93	Extremo

**TABLA VI.3 RESUMEN DE ÍNDICES FINALES CORREGIDOS**

ÍNDICES FINALES	VALOR	CATEGORÍA
Carga de fuego	9,649.50	Ligero
Índice de explosión	2.40	Bajo
Índice de explosión aérea	30.10	Moderado
<b>Índice total Mond</b>	<b>6,316.26</b>	<b>Muy alto</b>

**TABLA VI.4 DIAGRAMA DE EVENTOS**

EVENTO	FALLA	ACCIDENTE	
1 Se cae un cilindro	1 Se desprende una válvula	Fuga masiva	
	2 Se hace un orificio	Fuga	
2 Aumento de la temperatura en cilindros	1 Sobrepresión	1 falla en los fusibles de seguridad del tanque Fuga masiva	
3 Aumento de presión en el sistema	1 Manómetro en malas condiciones	1 Mala calidad de material	
		2 Mal estado físico	
		3 Mala conexión	Fuga
	2 Aumento de temperatura en los cilindros.		Fuga masiva
	3 Mala operación del clorador		Fuga
	4 Mal funcionamiento de la válvula reductora de presión		
	5 Difusor tapado		
6 Línea obstruida			
7 Válvulas check en malas condiciones			
4 Diminución de presión en el sistema	1 Depósitos de cloro vacíos	1 falla en el módulo de switchover	
		1 Mala calidad de material	
		2 Mal estado físico	
		3 Mala conexión	Fuga
	2 Manómetro en malas condiciones	4 Junta en malas condiciones	Fuga
	3 Las válvulas del tanque de cloro están cerradas		
	4 Las válvulas del clorador están cerradas		
	5 Las válvulas de múltiples están cerradas		
6 Mal funcionamiento de la válvula reductora de presión			
7 Línea rota			
8 Accesorios en malas condiciones		Fuga	
9 Evaporador en malas condiciones		Fuga	
5 Colocación de accesorios	1 Mala conexión	Fuga	
	2 Mal estado físico	Fuga	
	3 Mala calidad del material	Fuga	
6 Colocación de bombas	1 Empaque mal puesto	Fuga	
	2 Mal estado físico	Fuga	
	3 Mala calidad del material	Fuga	
7 Mala dosificación de cloro	1 Mal ajuste de las válvulas por el operador		
	2 Falla en la válvula de ajuste de tasa de flujo		
	3 Clorador funcionando a una dosificación distinta		
8 Falla en el clorador	1 Falla en la válvula reguladora de presión	1 Diafragma en mal estado	Fuga
		2 Juntas en mal estado	Fuga
		3 Piezas desgastadas	Fuga
		4 O-rings desgastados	Fuga
	2 Falla en la válvula reguladora de vacío	1 Diafragma en mal estado	Fuga
		2 Juntas en mal estado	Fuga
		3 Piezas desgastadas	Fuga
		4 O-rings desgastados	Fuga
	3 Falla en la válvula de alivio de presión-vacío	1 Diafragma en mal estado	Fuga
		2 Juntas en mal estado	Fuga
		3 Piezas desgastadas	Fuga
		4 O-rings desgastados	Fuga
	4 Falla en la válvula de ajuste de tasa de flujo		Fuga
	5 Falla en el rotámetro	1 Flotador obstruido	
		2 O-rings desgastados	
		3 Tubo obstruido	
	6 Falla en el inyector	1 Esta en malas condiciones físicas	Fuga
		2 Esta obstruido	
		3 Descarga desgastada por abrasión	
4 Válvula de retención de bola obstruida			
5 Válvula en malas condiciones físicas			
6 Resorte corroído			
7 Juntas desgastadas			
9 Corrosión	1 Deterioro en tubería	Fuga	
	2 Válvulas deterioradas	Fuga	
	3 Piezas especiales deterioradas	Fuga	
	4 Accesorios en malas condiciones		
10 Conexión de tanques	1 Mala conexión	Fuga	
	2 Falla en las válvulas del cloro del contenedor	Fuga	

### VI.3 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

En cuanto a la modelación matemática se realiza para dos condiciones la primera en caso de que sea una explosión el cual es el riesgo mayor probable, y la segunda la modelación de una emisión puntual y continua la cual es el evento con mayor frecuencia en los accidentes que involucran a la sustancia cloro.

La corrida y sus respectivas gráficas de cada escenario se incluyen en el anexo "Memoria de Cálculo" en donde se grafican los círculos de concentración en una liberación masiva y su pluma en el caso de una fuga continua.

#### a) Gas liberado en forma masiva e instantánea

El modelo que se acerca al riesgo mayor probable es aquel que caracteriza un gas liberado en forma masiva e instantánea.

El modelo esta desarrollado con base en las ecuaciones de dispersión Gaussiana de una nube o puff tridimensional, formada por la masa de una sustancia gaseosa que es liberada a la atmósfera en segundos, como sería la liberación de una nube de gas tóxico provocada por una ruptura o explosión de un almacenamiento.

La ecuación de la dispersión Gaussiana tridimensional que constituye al modelo es:

$$C(x,y,0;He) = (2Q/(2\pi)^{3/2} Sp^2 Sz) \exp(-1/2 (((x-Ut)^2 + y^2) / Sp^2) + (He^2/Sz^2))$$

Donde:

$C(x,y,0;He)$  = Concentración a nivel de piso en la posición (x,y) a partir del centro de la nube, ( $g/m^3$ )

Q = Emisión total de gas, (g)

He = Altura de emisión de la nube, (m)

Sp = Sy = Sx = Coeficientes de dispersión de la nube en las direcciones x e y, (m)

Sz = Coeficiente de dispersión de la nube en la dirección z, (m)

Pi = 3.1416

t = Tiempo de desplazamiento o recorrido de la nube, (s)

U = Velocidad promedio del viento, (m/s)

x = Distancia a partir del centro de la nube en la dirección del viento x, (m)

y = Distancia a partir del centro de la nube en la dirección lateral y, (m)

z = Distancia a partir del centro de la nube en dirección vertical z, (m)

Los coeficientes de dispersión Sy y Sz, los cuales definen el tamaño de la nube, son función de la distancia recorrida por el mismo (Ut) y de las condiciones de estabilidad atmosférica prevalecientes. En el modelo se asume que la estabilidad y el viento permanecen constantes durante todo el recorrido del puff; los coeficientes Sy y Sz se determinan de acuerdo al procedimiento de Pasquill y se seleccionan de acuerdo que la concentración estimada

resultante sea representativa de la concentración que se tendría desde una fuente emisora puntual continua. El tamaño inicial de la nube se estima considerando una distancia ficticia  $x_f$  en la cual:

$S_{y0} = S_{z0} = R/2.15$  donde:  $R$  = Radio del recipiente

Se hacen las consideraciones siguientes:

- El gas es emitido masiva e instantáneamente
- La dispersión horizontal es igual a la lateral ( $S_x = S_y$ )
- El viento no provoca una dilución de la nube en la dirección  $x$ .

#### **b) Modelo de un gas proveniente de una fuga de un líquido que se evapora.**

Este modelo esta basado en la ecuación de difusión Gaussiana de un gas o vapor. Su algoritmo ha sido diseñado para proveer de una estimación del área de riesgo o de “exclusión” generada por una fuga continua de un gas o de un vapor proveniente de un líquido que se evapore. Para aplicar este modelo es necesario establecer una concentración máxima permisible de exposición ( $C_{mpe}$ ), la cual permite estimar el área de exclusión o área de evacuación en caso de accidente. Las ecuaciones Gaussianas se emplean bajo el supuesto que las concentraciones máximas se registran a nivel de piso i.e.  $z = 0$  y que el gasto de emisión es constante durante el tiempo de modelación, así como las características meteorológicas.

La primera etapa del algoritmo de cálculo se refiere al establecimiento del gasto de emisión.

En la ocurrencia de una fuga de un gas, el gasto emitido  $Q$  (g/s) estará determinado por las características del almacenamiento o línea donde se produzca. En la ocurrencia de una ruptura de un almacenamiento el gasto podrá depender del tamaño de la ruptura y de la presión a la que se encuentre almacenado el gas. Para una fuga en una línea de conducción el gasto será función del diámetro de la misma y de la velocidad a la cual es transportado el gas. Para estos tipos de eventos, el modelo asume que el gasto es conocido por el usuario. Sin embargo, para fines prácticos de prevención se recomienda modelar considerando un gasto máximo probable de gas fugado.

Para el vaso de un derrame de un líquido que se evapora, el modelo tiene incorporados dos procedimientos para estimar el gasto de vapor emitido.

El primero es un tanto general y se basa en la estimación de un porcentaje de evaporación del líquido. Emplea una función del tipo:

$$\% \text{ EVAP} = F \left( \frac{\text{P.V.L.}}{760 \text{ mm Hg}} \times 100 \right)$$

Donde:

$\% \text{ EVAP}$  = Porcentaje de evaporación del líquido  
 $\text{P.V.L.}$  = Presión del vapor del líquido (mm Hg a 20°C)

Esta función fue determinada para una gran variedad de combustibles para cohetes, considerando un derrame de 600 m<sup>2</sup>, un viento de 4.3 m/s, una temperatura del aire de 80°F y asumiendo que no existe absorción o calentamiento por el suelo.

El gasto de la emisión viene dado por:

$$Q = Q_L \text{ (% EVAP)}$$

Donde:

Q = Gasto de emisión de vapor (g/s)

Q<sub>L</sub> = Gasto de líquido derramado (l/s) x densidad del líquido (g/l)

El segundo procedimiento es más específico y se basa en las siguientes ecuaciones:

$$Q = Q_e \text{ (% EVAP)}$$

$$Q_e = 0.001315 (p^{1.353} PM)^{0.80327}$$

Donde:

Q = Gasto de emisión de vapor (g/s)

Q<sub>e</sub> = Gasto de evaporación del líquido ((g s<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>)

P = Presión de vapor del líquido (mm Hg)

PM = Peso molecular del líquido (g/molg)

S = Longitud del derrame (m)

Como se puede observar en estas expresiones se involucran tanto las características del líquido como la superficie cubierta por el derrame.

La segunda etapa de cálculo corresponde a la determinación de la curva de isoconcentración para Cmpe, empleando la ecuación:

$$y = (2 \ln (C(x,0,0: He) / (x,y,0: He))^{1/2} = S_y$$

Para el caso de fuga de gas:

$$C(x,0,0:He) = (Q/Pi S_y S_z U) \exp((-1/2) (He/S_z)^2)$$

$$C(x,y,0:He) = C_{mpe}$$

Donde:

C(x,0,0:He) = Concentración del gas (g/m<sup>3</sup>), x metros viento debajo de la fuga.

Pi = 3.1416

S<sub>y</sub> = Coeficiente de dispersión en la dirección y, (m)

S<sub>z</sub> = Coeficiente de dispersión en la dirección z, (m)

He = Altura de emisión, (m)

C<sub>mpe</sub> = Concentración máxima permisible de exposición

U = Velocidad media del viento (m/s)

Para el caso de derrame líquido la emisión se estima, asumiendo una fuente de área y se considerando que su forma es cuadrangular.

Para una fuente de área es necesario efectuar una modificación e el cálculo del coeficiente de dispersión lateral  $S_y$ . Asumiendo una desviación estándar inicial.  $S_{y0}$  que toma en cuenta una emisión en línea cuya dispersión se efectúa en forma gaussiana. Esto se hace considerando una distancia ficticia de la pluma  $X_f$  tal que:

$$X_f = x + X_y$$

$X_y$  se obtiene asumiendo que la localización de un lado del cuadrado (S) el derrame será:

$$S = 4.3 S_{y0}$$

$$S_{y0} = S/4.3$$

Donde  $S_{y0}$  es el coeficiente de dispersión a la distancia  $X_y$ .

Una vez conocido.  $S_{y0}$  se determinan  $X_y$  y  $X_f$ , empleándose ésta última para el cálculo de  $S_y$ .

Las ecuaciones de cálculo de la concentración para la dispersión del vapor son:

$$C(x,0,0;0) = Q/Pi S_y S_z U$$

$$C(x,y,0,0) = C_{mpe}$$

Como el derrame ocurre a nivel del piso  $H_e = 0$  m.

Los cálculos anteriores darán como resultado importante la distancia máxima ( $X_{max}$ ) alcanzada por la curva de isoconcentración  $C_{mpe}$  y el ancho máximo de la elipse  $Y_{max}$ . Cabe mencionar que en cualquier punto dentro de la elipse se tendrá una concentración superior a  $C_{mpe}$ .

La tercera etapa de cálculo se refiere a la determinación del área de exclusión. Debido a que ésta última estará determinada por las condiciones de estabilidad atmosférica y por la dirección del viento, se ha definido un ángulo de variación o fluctuación ( $\Theta$ ) de la pluma de gas o vapor, que es función del tipo de estabilidad en el modelo se asumen los ángulos siguientes.

**TABLA VI.5- CATEGORÍA DE ESTABILIDAD**

Categoría de estabilidad	$\Theta$
A – B	80°
C – D	30°
E – F	15°

Para el caso de estabilidad intermedia B – C se considera un ángulo de 55°.

El área de exclusión estará entonces definida por un sector con un ángulo  $\Theta$  más la distancia  $Y_{max}$  a ambos lados, alcanzando una distancia  $X_{max}$ .

**Modelación matemática**

Las velocidades del viento consideradas para el modelo, de acuerdo a los datos registrados de velocidad de viento en un periodo observado entre 1993 – 2004 de acuerdo a Datos Comisión Nacional del Agua, Observatorio metereológico de Morelia. Mich. La dirección del viento es de suroeste – noreste.

**TABLA VI.6 VELOCIDAD PROMEDIO ANUAL DE LOS VIENTOS EN MORELIA**

PROMEDIO ANUAL	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
VELOCIDAD (m/s)	1.7	1.6	1.8	1.7	1.5	1.5	1.5	1.4	1.9	2.2	2.1	2.0

**TABLA VI.7 PROMEDIO ANUAL DE LA NUBOSIDAD**

PROMEDIO ANUAL	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
NUBOSIDAD (días)	108	98	124	98	110	91	84	95	80	90	99	54

Asciende un promedio para los años de 1993 - 2004 una velocidad máxima de 1.7 m/s, considerando el tipo de estabilidad correspondiente de acuerdo a la tabla VI.8 con la finalidad de poder estudiar el fenómeno más crítico, no obstante se hicieron las corridas para velocidades mayores y menores con el fin de poder estudiar la gama completa de posibilidades.

**TABLA VI.8 TIPO DE ESTABILIDAD**

Clase	Estabilidad
A	Muy estable
B	Inestable
C	Ligeramente inestable
D	Neutra
E	Estable
F	Muy estable



**TABLA VI.9 PARA LA CLASIFICACIÓN DE ESTABILIDAD DE PASQUILL**

Velocidad del viento a 10 m (m/s)	Día			Noche	
	Radiación solar incidente			Nubosidad entre 5/10-9/10	Nubosidad menor a < 4/10
	Fuerte	Moderada	Ligera		
< 2	A	A-B	B	F	F
2 – 3	A-B	B	C	E	F
3 – 5	B	B-C	C	D	D
5 – 6	C	C-D	D	D	D
< 6	C	D	D	D	D

Tomando en cuenta las condiciones de clima de la localidad, se considera que la radiación solar prevaleciente es moderada por lo cual los escenarios se reducen a las clases de estabilidad A, A-B y B para el día, y F, F para la noche.

Una vez definidas las estabilidades y las velocidades de los vientos se procedió a realizar los modelos en el programa SCRI tanto para un gas liberado en forma masiva, como para una emisión de gas continua.

#### Modelo de dispersión de un gas liberado en forma masiva e instantánea

El riesgo mayor que pudiera ocurrir con una baja probabilidad de ocurrencia, es la explosión del contenedor del gas cloro. En la modelación se consideró la explosión de un solo tanque, ya que a pesar de que existen 16 cilindros en operación, la probabilidad de ocurrencia de que exploten todos a la vez es mínima. El hecho por sí solo de que un tanque dentro de un sistema de cloración explote es mínimo. Además, el equipo no estará bajo acción de ninguna fuente calorífica ni en contacto con otras sustancias que pudieran ocasionar una reacción. De acuerdo a la bibliografía consultada los accidentes que ocurren cuando existe cloro dentro de instalaciones son generalmente por fuga o por problemas en el transporte.

Los resultados de la modelación se reportan en la tabla VI.10. En ella se puede observar los eventos ocurrentes con una emisión instantánea de 908 kg (Capacidad total de un cilindro). Las concentraciones de interés consideradas para la modelación son las siguientes:

LcLo = 72.5 mg/m <sup>3</sup>	Concentración letal por inhalación después de cinco minutos de estar en exposición.
IDHL = IPVS = 30 mg/m <sup>3</sup> = 10 ppm	Immediately Dangerous to Life or Health Level, desarrollado por el "National Institute for Occupational Safety and Health" (NIOSH), representa la concentración máxima durante 30 minutos y escapar sin sufrir efectos de salud irreversibles, o escapar sin síntomas ni daños.
0.3 IDHL = 9 mg/m <sup>3</sup> = 3 ppm	Límite de zona de amortiguamiento
TLV = 3 mg/m <sup>3</sup> = 1 ppm	Exposición promedio ponderada en 8 horas de trabajo para humanos sin efectos adversos para la salud

Adicionalmente, dentro del modelo se analizó una distancia de 500m a la redonda ya que hacia el oriente de la Planta Potabilizadora se encuentra un desarrollo urbano a dicha distancia.

**TABLA VI.10 RESULTADOS DEL MODELO DE DISPERSIÓN DE UN GAS LIBERADO EN FORMA MASIVA E INSTANTÁNEA**

Estabilidad	Velocidad Viento (m/s)	Radio de Isoconcentración Máxima (Km)	Concentración de Interes (72.5 mg/m <sup>3</sup> )			Concentración de Interes (30 mg/m <sup>3</sup> )			Concentración de Interes (3 mg/m <sup>3</sup> )		
			Distancia (Km)	Tiempo (min)	Altura (m)	Distancia (Km)	Tiempo (min)	Altura (m)	Distancia (Km)	Tiempo (min)	Altura (m)
A (muy inestable)	1.5	0.14938	0.13418	1.5	1.5	0.24739	2.7	1.5	0.92961	10.3	1.5
B (inestable)	1.7	0.15673	0.18812	1.8	1.5	0.35232	3.5	1.5	1.3994	13.7	1.5
F (muy estable)	1.9	0.49532	1.83944	16.1	1.5	3.47229	30.5	1.5	12.6039	110.6	1.5
C (lig. inestable)	2.5	0.14847	0.26711	1.8	1.5	0.50685	3.4	1.5	2.0682	13.8	1.5

Como se puede apreciar en la tabla anterior, dependiendo del tipo de estabilidad atmosférica predominante y la velocidad de los vientos, los resultados varían considerablemente. Para el un análisis completo de los posibles escenarios se han utilizado diversas velocidades de viento y diversas condiciones de estabilidad de interés, se tienen registros de velocidades de viento promedio de 1.7 m/s.

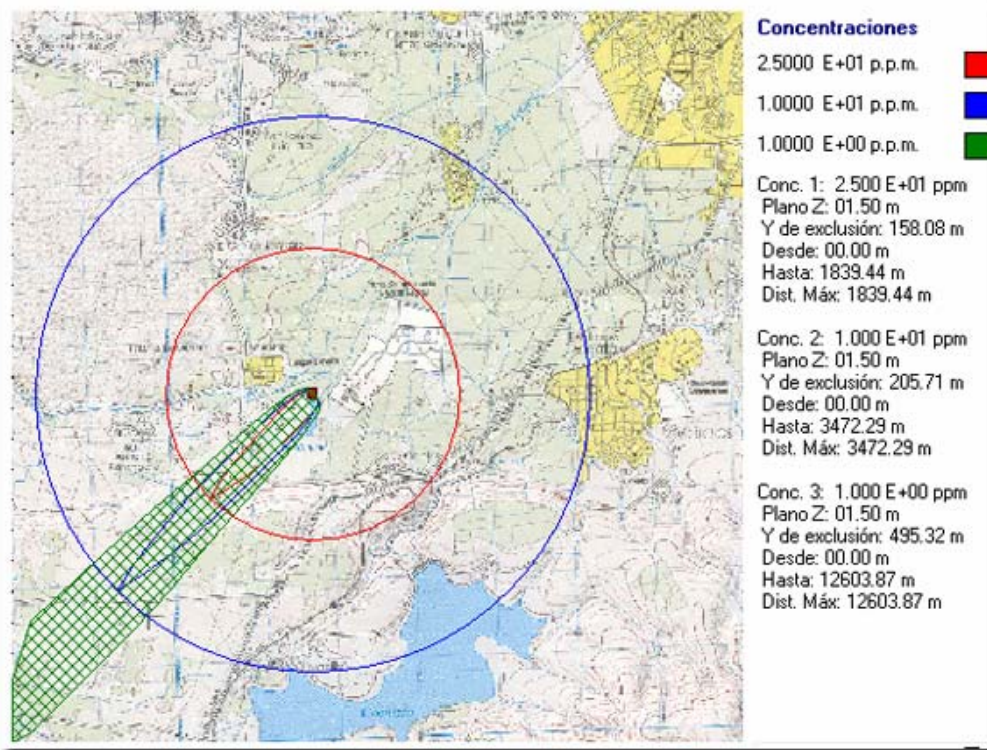
Según los resultados arrojados con una altura de interés de 1.5m, el peor de los casos se presenta con un escenario poco probable, el radio de isoconcentración máxima es de 495m, una concentración de 72.5mg/m<sup>3</sup> a una distancia de 1.8 Km y un tiempo de 16 minutos, la zona de riesgo se presenta a una distancia máxima de 3.4 Km, en un tiempo de 30 minutos y la zona de amortiguamiento alcanza una distancia máxima de 12.6 km con una concentración de 3mg/m<sup>3</sup> en un tiempo de 1 hora 50 minutos.

**TABLA VI. 11 RESULTADO CONSIDERANDO UNA DISTANCIA DE 500 m**

Estabilidad	Velocidad Viento (m/s)	Radio de Isoconcentración Máxima (Km)	A una distancia de 500m		
			Concentración (mg/m <sup>3</sup> )	Tiempo (min)	Altura (m)
A (muy inestable)	1.5	0.14938	9.23	5.6	5
B (inestable)	1.7	0.15673	17.5	4.9	5
F (muy estable)	1.9	0.49532	245	4.4	3
C (lig. inestable)	2.5	0.14847	52	3.3	5

Como se puede apreciar en la tabla anterior, dependiendo del tipo de estabilidad atmosférica predominante y la velocidad de los vientos, los resultados de las concentraciones varían ya que a una distancia de 500m llegan en menos de 6 minutos.

**FIGURA VI.2 IMAGEN DEL MODELO DE DISPERSIÓN DE UN GAS LIBERADO EN FORMA MASIVA E INSTANTÁNEA**



**b) Modelo de un gas proveniente de una fuga de un líquido que se evapora.**

Como se puede apreciar en la tabla siguiente, en el peor de los casos considerados entre velocidades de viento en un rango de 1.5 a 2.5 m/s, se alcanza la concentración de 72.50 mg/m<sup>3</sup> a una distancia de 420 m de la zona donde se ha producido la fuga, por lo que en este caso los afectados serán los propios trabajadores de la Planta Potabilizadora. Mientras que la zona de amortiguamiento se alcanza a una distancia del evento de hasta 850m.

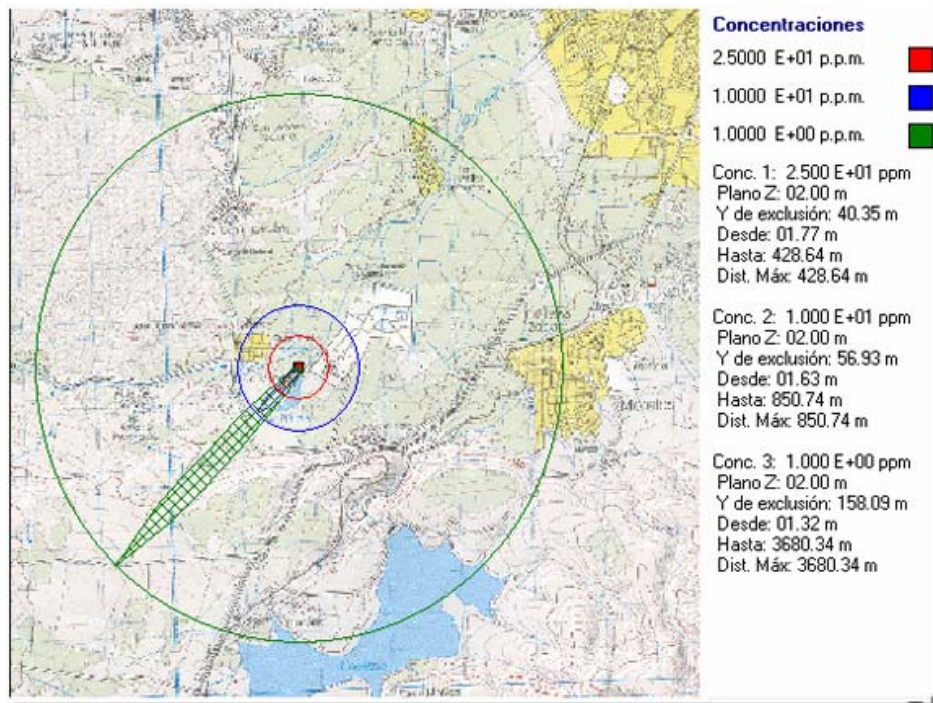
**TABLA VI. 12 RESULTADOS DEL MODELO DE UN GAS PROVENIENTE DE UNA FUGA DE UN LÍQUIDO QUE SE EVAPORA**

Estabilidad	Velocidad Viento (m/s)	Radio de Isoconcentración Máxima (Km)	Concentración de Interés (72.5 mg/m <sup>3</sup> )			Concentración de Interés (30 mg/m <sup>3</sup> )			Concentración de Interés (3 mg/m <sup>3</sup> )		
			Distancia (Km)	Tiempo (min)	Altura (m)	Distancia (Km)	Tiempo (min)	Altura (m)	Distancia (Km)	Tiempo (min)	Altura (m)
A (muy inestable)	1.5	0.05148	0.05132	0.6	2	0.08217	0.9	2	0.27412	3.0	2
B (inestable)	1.7	0.05097	0.07393	0.7	2	0.12289	1.2	2	0.42512	4.2	2
F (muy estable)	1.9	0.15809	0.42864	3.8	2	0.85074	7.5	2	3.68034	32.3	2
C (lig. inestable)	2.5	0.0494	0.10651	0.7	2	0.18096	1.2	2	0.65043	4.3	2

**NOTAS:**

- Concentración 72.5 mg/m<sup>3</sup> Concentración letal por inhalación después de cinco minutos de estar en exposición.
- IDHL = 30 mg/m<sup>3</sup> Immediately Dangerous to Life or Health Level, desarrollado por el “National Institute for Occupational Safety and Health” (NIOSH), representa la concentración máxima durante 30 minutos y escapar sin sufrir efectos de salud irreversibles, o escapar sin síntomas ni daños.
- TLV = 3 mg/m<sup>3</sup> Exposición promedio ponderada en 8 horas de trabajo para humanos sin efectos adversos para la salud

**FIGURA VI.3 IMAGEN DEL MODELO DE UN GAS PROVENIENTE DE UNA FUGA DE UN LÍQUIDO QUE SE EVAPORA**



**TABLA VI. I3 RESULTADO CONSIDERANDO UNA DISTANCIA DE 500 m**

Estabilidad	Velocidad Viento (m/s)	Radio de Isoconcentración Máxima (Km)	A una distancia de 500m		
			Concentración (mg/m <sup>3</sup> )	Tiempo (min)	Altura (m)
A (muy inestable)	1.5	0.05258	1.65	5.6	2
B (inestable)	1.7	0.05225	3.8	4.9	2
F (muy estable)	1.9	0.17826	59.5	4.4	2
C (lig. inestable)	2.5	0.05034	6.8	3.3	2

Hay que recordar que el gas cloro es un gran irritante respiratorio y de las membranas mucosas, un pequeño porcentaje en el aire produce fuertes accesos de tos, mientras que una prolongada exposición puede ser fatal; 30 ppm (90 mg/m<sup>3</sup>) provocando excesos de tos;

40-60 ppm (120 - 180 mg/m<sup>3</sup>) Son peligrosas en 30 minutos; concentraciones de 1,000 ppm (3,000 mg/m<sup>3</sup>) o más pueden resultar fatales en pocas aspiraciones.

Es preciso considerar que el gas cloro es más pesado que el aire por lo que tenderá a mantenerse próximo al suelo. En las inmediaciones donde se localizará la Planta Potabilizadora, la densidad poblacional es baja, siendo los principalmente afectados los trabajadores involucrados, el medio natural circundante, e inclusive al estar en las vecindades la afectación llegaría hasta las instalaciones de CRISOBA.

Es importante que los operadores estén familiarizados con el manual de operación y tengan cursos de capacitación para el manejo del cloro, para lo cual la Planta Potabilizadora se podrá auxiliar de Protección Civil o de la propia compañía que se contrate para el abastecimiento del gas cloro. Se deberá contar con el equipo de seguridad personal necesario para minimizar el riesgo contra la salud de los trabajadores, y que éste se encuentre en un lugar accesible. Por último es muy importante que el uso de suelo alrededor de la Planta Potabilizadora quede restringido para evitar asentamientos humanos, máxime que se trata de un área protegida.

Es imprescindible llevar a cabo simulacros para actuar de una manera inmediata ante cualquier eventualidad. Adicionalmente deberán llevarse a cabo inspecciones periódicas del equipo con el fin de detectar cualquier anomalía y proceder a su corrección.

#### **VI.4 INTERACCIONES DE RIESGO**

Es preciso recordar que la Planta Potabilizadora se encuentra inmersa en una zona rural, es altamente recomendable capacitar a las personas encargadas de la operación de la planta para que ante una contingencia sepan inmediatamente que hacer.

El daño que puede ocurrir será al medio circundante a la Planta Potabilizadora, por ejemplo el cloro reacciona con todos los componentes químicos del suelo formando cloruros que dependiendo de su solubilidad son fácilmente lavados con agua. Un derrame de cloro líquido pudiera congelar temporalmente la zona del suelo afectado. Por otro lado el cloro es altamente tóxico para los seres vivos (plantas y animales), sobre todo para los de medio acuático, (peces y microorganismos). La TLM en pasto es de 0.22 mg/l en 96 horas y en fitoplancton de 0.14 mg/l en 24 horas. La toxicidad aguda en plantas se manifiesta por amarillamiento y defoliación. No existe potencialidad de factores de bioacumulación o bioconcentración.

#### **VI.5 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS**

De acuerdo con la Guía Norteamericana de Respuesta en Caso de Emergencia (GRENA) en su Tabla de Aislamiento Inicial y Distancias de Acción Protectora, en caso de la sustancia Cloro, predice el tamaño de las áreas a favor del viento que podrían ser afectadas por una nube de gas, la población en esta área deberá ser evacuada y/o protegida en el lugar dentro de los edificios, debiéndose realizar las acciones siguientes.

##### **Si los derrames son pequeños:**

De un envase pequeño o una fuga pequeña en un envase grande.

1. - Aislar a la redonda 60 m
2. - Proteja a las personas en la dirección del viento  
Durante la noche: 300 m  
Durante el día: 800 m

**Si los derrames son grandes:**

De un envase grande o muchos envases pequeños.

1. - Aislar a la redonda 185 m
2. - Proteja a las personas en la dirección del viento  
Durante la noche: 800 m  
Durante el día: 3,100 m

De una forma particular considerando la fuga masiva de un tanque de cloro de 1 tonelada a capacidad total se sabe que el radio afectado es de aproximadamente 200 metros que se han considerado en el presente estudio para la localización de la infraestructura existente alrededor de la Planta potabilizadora. Ciertamente no existe solo un tanque en la Planta pero las probabilidades de que exista fuga al mismo tiempo en varios contenedores son mínimas.

En el sistema de cloración se deben realizar diversas actividades de operación y mantenimiento tomando en cuenta las medidas de seguridad pertinentes.

A continuación se hace una reseña de los puntos más relevantes para la operación y mantenimiento y las medidas que se deben seguir para minimizar los riesgos relacionados con el sistema de cloración.

El sistema de desinfección consta de evaporadores para gasificar el cloro líquido, cloradores para dosificar el cloro gas, inyectores para extraer el cloro gas y transportarlo en forma de solución al punto de aplicación, difusores y dispositivos para mezclarlo con el agua y el agua clarificada, y una cámara de contacto donde se efectúa la desinfección.

Los cloradores son dosificadores de gas que operan bajo vacío producido por el flujo de agua a través de un aspirador tipo inyector. La unidad acarrea y mide el cloro gas bajo vacío y mezcla el gas con el agua del inyector para producir una solución de cloro.

La principal ventaja de los cloradores tipo vacío es la seguridad que se tiene ya que si por algún motivo se produce una falla o ruptura en el sistema de vacío, el clorador para el flujo de cloro al equipo permitiendo la entrada de aire al sistema de vacío y dejar que el cloro escape al ambiente.

La tasa de dosificación del clorador puede controlarse automáticamente. Los tipos más usados de control automático están basados en el flujo de agua y el cloro residual, aunque puede tenerse un sistema de control compuesto variado: (1) la posición de la válvula de dosificación en forma proporcional al flujo y (2) la diferencia de vacío a través de la válvula reguladora de vacío en función del cloro residual.

Un clorador de vacío consta de: válvula reguladora de presión, válvula reguladora de vacío, rotámetro, válvula de ajuste de tasa de flujo, válvula de alivio de presión-vacío e inyector.

Existen otros tipos de cloradores como los cloradores de vacío parcial, tipo presión y tipo pulsante que son menos seguros y virtualmente obsoletos. Los dosificadores de gas cloro, seco, bajo presión sólo serán usados cuando no hay abastecimiento adecuado de agua para la operación del inyector o no hay electricidad para operar la bomba de alta presión del inyector. Otros tipos son los cloradores de celda electrolítica en éstos el cloro se genera en el punto de aplicación, estos cloradores son para aplicaciones especiales, de muy poco valor práctico en el tratamiento de aguas. Y por último los hipocloradores, emplean compuestos de cloro, se utilizan principalmente para flujos relativamente bajos o para usarse intermitentemente, continuamente o en emergencias. Pueden ser accionados eléctricamente o por medio de los medidores de agua, así como por gravedad o desplazamiento.

## VI.5.1 OPERACIÓN

### Principios de Operación

El flujo de gas en el clorador es causado por el vacío creado en el inyector y la presión presente en el depósito de cloro. Este flujo es controlado por una serie de válvulas de diafragma operadas por resorte. El vacío ejercerá un tirón sobre el diafragma de la válvula reguladora de presión y abrirá el asiento de entrada. La entrada de cloro mantendrá este vacío a un valor prácticamente constante. El vacío antes de la válvula de tasa de flujo es algo mayor debido a la caída de presión a través del rotámetro. La válvula reguladora de vacío está diseñada para mantener una caída de presión constante a través de la válvula de tasa de flujo. Así que el flujo a través de la válvula de tasa de flujo, orificio V-notch o válvula de aguja, es únicamente una función del tamaño del orificio determinado por la posición de la válvula de tasa de flujo ajustado manualmente por el operador. De la válvula reguladora de vacío el gas pasa al inyector donde es mezclado con el agua y la solución resultante es descargada al punto de aplicación.

La válvula de alivio de presión-vacío tiene dos propósitos. El primero es el de admitir aire del venteo para liberar el exceso de vacío en el sistema, ocasionando ya sea por que el suministro de cloro es agotado o cortado, o falle la válvula reguladora de vacío, en este caso el diafragma de la válvula de alivio de presión-vacío es jalado para que el vástago de la válvula abra y admita aire del venteo. Si la válvula reguladora de presión no asienta correctamente y se desarrolla una ligera presión positiva en el clorador, el diafragma de la válvula de alivio de presión-vacío es forzado en la dirección opuesta y la presión es liberada a través del diafragma, al venteo; siendo éste último el segundo propósito.

### Paro de un clorador

#### a) Paro corto

El siguiente es un procedimiento típico para parar un clorador por un período de tiempo menor de una semana.

1. - Cierre la válvula del depósito de cloro.
2. - Permite que el gas cloro desaloje totalmente el sistema a través del inyector. Los manómetros de presión de cloro caerán a cero  $\text{kg/cm}^2$  en el múltiple y el clorador.
3. - Cierre la válvula de descarga del clorador. El elevador puede permanecer en esta condición indefinidamente y estar listo para ser puesto en servicio reabriendo la válvula de descarga del clorador y la válvula del recipiente de cloro.

Después de reabrir estas válvulas, inspeccione las fugas de cloro en todo el sistema de cloración.

#### **b) Paro largo**

1. - Lleve a cabo los pasos, uno, dos y tres del paro corto anterior.
2. - Apague el interruptor del clorador.
3. - Asegúrese que las válvulas del clorador y del múltiple estén cerradas.

#### **Arranque de cloradores**

1. - Asegúrese que la válvula de cloro gas al clorador esté cerrada. Esta válvula debe cerrarse en el momento que el clorador se ponga fuera de servicio.
2. - Todas las válvulas de cloro sobre la línea de abastecimiento deben haber sido cerradas. Si algunas requieren estar abiertas, esta excepción debe ser indicada por una etiqueta sobre la válvula.
3. - Inspeccione todos los tubos, múltiple y válvulas de fugas potenciales y asegúrese que todas las juntas estén empacadas correctamente.
4. - Verifique las líneas de distribución de cloro en solución y asegúrese que la posición de las válvulas del sistema sea el correcto para dosificar la solución de cloro al punto de aplicación deseado.
5. - Abra la válvula de tasa de flujo ajustando la tasa de alimentación de cloro.
6. - Arranque el sistema de agua de alta presión del inyector. Generalmente la fuente de agua es el efluente de la planta con un mínimo de sólidos suspendidos. El flujo de agua a través del inyector crea suficiente vacío para extraer el cloro, que es absorbido y mezclado en el agua por el inyector. Este cloro en solución es conducido al punto de aplicación.
7. - Examine el sistema de suministro de agua al inyector.
  - a) Anote la lectura del manómetro de presión del agua del inyector. Si la lectura es anormal, trate de identificar la causa y corrija. El filtro "Y" instalado para proteger de sólidos suspendidos al inyector se obstruirá paulatinamente, reduciendo la presión del agua, lo cual afectará la operación.
  - b) Anote la lectura del manómetro de vacío. Si la lectura de vacío es menor a la normal, el clorador puede funcionar a una tasa de dosificación menor, pero no será capaz de alimentar a la máxima capacidad.
8. - Inspeccione las fugas de las líneas de vacío del clorador.
9. - Abra la válvula de cloro del recipiente de cloro y deje que el gas entre a la línea. Inspeccione todas las juntas buscando fugas con vapores de amoniaco, iniciando con la válvula del depósito de cloro, moviendo hacia la línea y verificando todas las juntas entre esta válvula y la próxima corriente abajo. Si la válvula corriente abajo pasa la prueba del amoniaco, abra la válvula y continúe a la próxima válvula. Si no hay fugas hasta el clorador, continúe con el procedimiento de arranque.
10. - Inspeccione el clorador.
  - a) La presión del gas cloro en el clorador debe estar entre 1.4 y 2.11 kg/cm<sup>2</sup>.
  - b) Opere el clorador en el ámbito completo de la tasa de alimentación.
  - c) Verifique la operación en forma manual y automática.
11. - El clorador está listo para usarse.



## Condiciones de operación

### a) Verificación diaria

1. - Verifique la presión del agua del inyector. El ámbito de presión es de 2.81 a 6.33 kg/cm<sup>2</sup>, dependiendo del sistema.
2. - Determine el vacío del inyector. Los valores andarán en el rango de 38.1 a 63.5 cm de mercurio.
3. - Verifique el vacío del clorador. Los valores andarán en el rango de 12.7 a 25.4 cm de mercurio.
4. - Determine la presión del abastecedor de cloro del clorador. Los valores andarán entre 1.4 y 2.81 kg/cm<sup>2</sup>.
5. - Lea la tasa de dosificación del rotámetro del clorador. Si la tasa está al nivel requerido, registre la lectura del rotámetro y hora.
6. - Examine y registre el modo de control.
  - a) Manual.
  - b) Automático.

### b) Verificación semanal.

1. - Ponga el clorador en modo manual. Opera en el ámbito completo de dosificador y verifique en cada intervalo lo siguiente:
  - a) Vacío del clorador.
  - b) Vacío del inyector.
  - c) Presión de la línea de solución.
  - d) Presión de cloro en el clorador.Si alguna de las lecturas no muestra resultados normales, haga los ajustes correctores.
  - 1) El inyector debe producir el vacío necesario al clorador (12.7 a 25.4 cm de mercurio)
  - 2) Ajuste de válvula reductora de presión para obtener suficiente presión y una tasa completa de alimentación del clorador.
2. - Si la unidad funciona correctamente en el ámbito completo de tasas de alimentación, regrese la unidad a control automático. Si se desarrollan algunos problemas, localice la fuente y corrija.

### c) Verificación mensual.

1. - Ejercite todas las válvulas de cloro.
2. - Inspeccione los calentadores y el equipo de ventilación.
3. - Verifique la línea de venteo del clorador al exterior de la estructura para detectar posibles obstrucciones que puedan impedir el libre acceso del aire. Proteja las líneas de venteo de la entrada de insectos, esto se logra usando una malla en la entrada de éste.
4. - Inspeccione todas las fugas de vacío.
5. - Limpie el tubo de vidrio del rotámetro.
6. - Inspeccione todas las líneas de drenaje y mangueras.
7. - Efectúe el mantenimiento de rutina.

## Problemas de operación

1. - Fuga de cloro en el clorador.  
Interrumpa el flujo de gas al clorador. Deje el inyector sobre la línea. Permita que el clorador opere y vacíe el cloro gas por tres o cinco minutos hasta cero  $\text{kg/cm}^2$  en el manómetro de presión de cloro. Repare la fuga y use un clorador de repuesto mientras hace la reparación.
2. - Presión de gas demasiado baja, menos de  $1.4 \text{ kg/cm}^2$ . Alarma operando. Verifique el suministro de cloro.
  - a) Depósitos vacíos, cambie a unidades de reserva.
  - b) Pare el evaporador y vea la sección del evaporador.
  - c) Inspeccione el múltiple por válvulas cerradas o filtros restringidos. Corrija operando válvulas de otro múltiple o ajuste válvulas y controles para posición correcta.
3. - Vacío de inyector demasiado bajo.
  - a) Ajuste el inyector para lograr el vacío requerido.
  - b) Inspeccione el sistema de suministro de agua.
    - 1) Bomba parada: arranque la bomba
    - 2) Filtros "Y" sucios: limpie los filtros.
    - 3) Bomba desgastada: no manejará la presión y flujo apropiado para el inyector: use otra unidad y/o repare o reemplace la bomba.
  - c) Inspeccione la línea de descarga del inyector. Verifique lo siguiente:
    - 1) Válvula cerrada o parcialmente cerrada.
    - 2) Línea rota o restricción reduciendo el flujo o incrementando la contrapresión.
    - 3) Difusor tapado, restringiendo el flujo y creando una contrapresión más alta en la línea de descarga o inyector. Limpie el difusor y la tubería.

## VI.5.2 MANTENIMIENTO

En un sistema de cloración es imprescindible que se cuente con un programa de mantenimiento preventivo ya que éste requiere de vigilancia continua, debido a que un descuido o negligencia puede resultar en un peligro para el personal o daño del equipo.

### Mecanismo de control de flujo

1. - Inspeccione la cremallera y piñón y cambie si hay desgaste.
2. - Opere manualmente para determinar si el flujo de gas puede ser cambiado.
3. - Verifique el control automático.

### Rotámetro

1. - Corte el suministro de cloro gas y purgue el sistema.
2. - Remueva el tubo y guarde el flotador y los O-rings.
3. - Lave el tubo con agua caliente, detergente y cepillo.
4. - Si el agua no remueve los depósitos, use algunos de los siguientes solventes: Cloroetano, tricloroetileno, percloroetileno o benceno.

5. - Tape un extremo del rotámetro con un tapón, vierta el solvente hasta la mitad del tubo, tape el otro extremo. Agite vigorosamente por unos segundos, Enjuague con agua.
6. - Deje que el tubo se seque solo.
7. - Limpie el flotador con solvente, manejándolo con pinzas sin tocarlo. Permita que el flotador se seque en una superficie limpia.
8. - Limpie o cambio los O-rings.
9. - Reensamble el rotámetro, instale y arranque el clorador. Asegúrese que el rotámetro este correctamente asentado en sus dos extremos para evitar una fuga de vacío.

### Válvulas de diafragma

1. - Desarme y limpie las válvulas del clorador (reguladora de presión, reguladora de vacío y de alivio de presión-vacío). Las partes de plástico sólo deben limpiarse con agua caliente y detergente. Las partes de metal, vidrio y cerámica pueden ser lavadas con solvente como el tricloroetano.
2. - Reemplace el diafragma si es necesario, o alguna otra pieza que sufrió desgaste.
3. - Cambie todas las juntas y O-rings.
4. - Elimine todas las trazas de humedad o solventes y vuelva a armar las válvulas.

### Inyector

1. - Desmonte el inyector.
2. - Limpie la garganta de impurezas u obstrucciones.
3. - Verifique el desgaste de la descarga del inyector ocasionado por la abrasión.
4. - Limpie la válvula de retención de bola hasta que tenga movimiento libre.
5. - Inspeccione fugas en las juntas.
6. - Cambie las juntas donde se necesite.
7. - Apriete los tornillos si se requiere.
8. - Verifique la corrosión del resorte.

## VI.5.3 EQUIPO DE SEGURIDAD EN LAS INSTALACIONES

Como parte del sistema de cloración, se deberá contar con un detector de fugas de gas cloro, y válvulas de seguridad y reguladora de presión en el sistema de distribución de cloro gas con el fin de detectar cualquier fuga y poder darle solución inmediatamente.

Se debe contemplar la utilización de un equipo de seguridad para control de fugas de cilindros de gas cloro de 908 kg aprobado por el Chlorine Institute conocido como "Kit B", éste equipo contiene las herramientas necesarias para una intervención inmediata para controlar las fugas e inclusive eliminarlas, obviamente se requiere la capacitación del personal que lo maneje.

Debido a que un mantenimiento apropiado y oportuno dentro de las instalaciones es el camino más adecuado para minimizar los riesgos, se contempla la adquisición de equipos de mantenimiento preventivo tanto para el regulador de vacío, como para el clorador con el fin de garantizar una correcta operación del sistema.

El sistema de cloración contempla válvulas de seccionamiento con el fin de aislar en determinado momento alguna parte del sistema lo que favorecerá en caso de fuga o de mantenimiento de las líneas y accesorios.

Las válvulas check evitarán que exista flujo inverso al deseado evitando problemas de sobrepresión.

Para garantizar que la dosificación de proyecto se cumpla, se tiene contemplada una válvula dosificadora automática.

Para evitar corrosión en las líneas en caso de fuga toda la instalación del sistema de cloro esta resulta a base de tubería de PVC.

### **VI.5.3.1 Sistemas de Seguridad**

La prevención de accidentes comienza mediante la implementación de un reglamento interno que marque los lineamientos de disciplina que tienen que seguir los empleados de la Planta Potabilizadora. En general es importante que las herramientas de trabajo, las piezas de repuesto y otros accesorios se almacenen en un lugar previamente establecido y evitar dejarlos en cualquier parte, especialmente en andadores, pasillos, etc. Las señalizaciones deben colocarse en lugares plenamente visibles. Los barandales y cubiertas colocados en los sitios necesarios protegen contra tuberías bajas, tanques abiertos y elementos poco visibles.

Un aspecto muy importante es que la ejecución de determinadas tareas, las lleve a cabo el personal capacitado para dicha función, ya que de lo contrario se incrementa considerablemente la probabilidad de que ocurran accidentes o fallas en el proceso.

### **VI.5.3.2 Equipo de protección que deberá utilizarse en caso de derrame**

Equipo de Aire Autónomo de Presión Positiva (SCBA). Este aparato proporciona una presión o un flujo positivo constante de aire dentro de la careta, aún si alguien inhala profundamente mientras está haciendo el trabajo pesado. Use aparatos certificados por NIOSH y la Administración de Seguridad y Salud Minera de acuerdo con el CFR 30 parte 11. Úselo de acuerdo con los requisitos para la protección respiratoria especificados en las Normas de Operaciones de Respuestas de Emergencia en Sitios de Materiales Peligrosos de la OSHA (CFR 29 1910.120) y/o la Norma de Brigadas contra Incendio (CFR 29 1910.156). Los respiradores de cartucho químico y otras mascarillas filtrantes, no son substitutos aceptables para el equipo de aire autónomo de presión positiva. El SCBA de tipo demanda, no cumple con la Norma de Brigada contra Incendio de la OSHA.

Ropa y Equipo de Protección personal contra Productos Químicos. El uso seguro de este tipo de ropa de protección y equipo, requiere de habilidades específicas desarrolladas a través del entrenamiento y la experiencia. Esta, generalmente no esta disponible, ni es usada por los primeros respondedores. Este tipo de ropa especial puede proteger contra un químico, aunque puede ser penetrada fácilmente por los químicos para los que ésta no fue diseñada. Por lo tanto, la ropa protectora no deberá usarse a menos que sea compatible con el material liberado. Este tipo de ropa especial ofrece poca o ninguna protección contra el calor. Ejemplos de este tipo de equipo han sido descritos como Trajes de Protección de nivel A, y Trajes Protectores contra Salpicaduras de Líquidos, también conocidos como Trajes de

Protección de Nivel B. Ningún material de ropa protectora lo protegerá de todos los materiales peligrosos. No suponga que cualquier ropa protectora es resistente al calor o a la exposición a las llamas, a menos que así esté certificado por el fabricante.

Se llevarán ropas de trabajo las cuales se cambiarán antes de terminar la jornada y se lavarán diariamente.

El personal que labore en la Planta Potabilizadora deberá hacer uso del equipo de protección personal de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2001, el cual comprenderá de mascarillas, guantes, mandil, goggles y botas.

Se deberán establecer medidas preventivas mínimas para identificar y comunicar el peligro con las sustancias químicas, de acuerdo a sus características físicas, químicas, de toxicidad, concentración y tiempo de exposición para no afectar la salud de los trabajadores o dañar el centro de trabajo, según las normas NOM-010-STPS-1999 y NOM-018-STPS-2000.

Dentro de las instalaciones de la Planta Potabilizadora se contará con señalamientos referentes al tipo de equipo de protección requerido para el personal acuerdo al área de trabajo que labora, así como avisos y señales precautorias, informativas y restrictivas bajo el marco normativo de las Normas Oficiales Mexicanas NOM-026-STPS-1998 y NOM-027-STPS-2000.

En cuanto a prácticas de higiene se refiere, es preciso indicar que ninguna persona podrá comer ni fumar dentro de la Planta Potabilizadora. Mientras se efectúe el manejo, almacenamiento o uso del cloro. Inmediatamente después de efectuar el manejo de la sustancia, de sus recipientes o accesorios, el personal deberá lavarse cuidadosamente las manos, así como antes de ingerir cualquier alimento o de fumar.

El personal que este en contacto con el cloro deberá bañarse inmediatamente después de estar en contacto, asimismo las ropas y el equipo utilizado debe lavarse inmediatamente. Deberá haber regaderas de emergencia para ser usadas en caso de que existiera contacto del cloro con piel u otro órgano del cuerpo de los trabajadores.

Deberán existir fuentes para lavado de ojos en el área inmediata que podrán brindar soporte a los trabajadores en caso de alguna eventualidad.

Quedará estrictamente prohibido fumar dentro de las instalaciones de la Planta Potabilizadora. El fumar constituye una causa potencial de ignición en presencia de un vapor inflamable.

Excepto en los casos de lesiones leves deberá ser un médico el encargado de tratar heridas. Por pequeño que parezca un rasguño o cortadura deberá recibir atención médica. Se aplicará inmediatamente tintura de yodo al dos por ciento o de merthiolate a toda la herida o cortadura.

En las instalaciones de la Planta deberá existir un botiquín de primeros auxilios de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-004-STPS-1999, siendo éste una caja de fácil transportación para guardar como mínimo, el material que se enuncia a continuación:

- Apósitos estériles
- Vendas elásticas
- Tela adhesiva
- Abatelenguas
- Férulas de cartón de 15 x 50 cm.
- Mascarilla para respiración artificial. (Tipo de mascarilla nariz - boca con fuelle, sin contacto directo de boca a boca o un equipo de función semejante).
- Algodón
- Alcohol 90°
- Solución antiséptica.
- Termómetro oral.
- Tijera recta.

El responsable y el personal encargado de prestar los primeros auxilios deben ser capacitados de acuerdo a la norma NOM-004-STPS-1999 y los reportes relacionados a los accidentes de trabajo ocurridos bajo la norma NOM-018-STPS-2000. Se deberá tener acceso a un equipo de comunicación directa con elementos de emergencia para poder pedir asistencia inmediatamente después de ocurrir un accidente.

La mayoría de las infecciones llegan al cuerpo por vía bucal, nasal, o por los ojos y oídos. Se recomienda la vacunación contra la tifoidea, así como la debida protección contra el tétanos, hay que aplicar una serie de dos inyecciones de toxoide tetánico (con un mes de lapso entre una y otra) y repetirse la serie cada cinco años.

### **VI.5.3.3 Precauciones de Seguridad**

Acérquese cuidadosamente a favor del viento, resista la urgencia de entrar precipitadamente; los otros no pueden ofrecer su ayuda hasta que la situación haya sido totalmente evaluada.

Asegure la escena. Sin entrar al área inmediata de peligro, aisle el área y asegure a la población y el ambiente. Mantenga a la población lejos de la escena y fuera del perímetro de seguridad. Mantenga suficiente espacio para mover y quitar su propio equipo.

Identifique los riesgos. Los carteles, etiquetas, documentos de embarque y/o personal concededoras sobre la escena, son fuentes de valiosa información. Evalúe toda la información con que cuenta y consulte las recomendaciones de la “Guía Norteamericana de Respuesta en Caso de Emergencia” (ver anexo medias de seguridad) para reducir inmediatamente los riesgos. La nueva información, proporcionada por el transportista u obtenida de otra fuente autorizada, puede cambiar algunos de los detalles o el énfasis encontrado en la guía. Recuerde, que ésta proporciona solamente la información más importante y en el peor caso de un escenario para la respuesta inicial con relación a una familia o clase de materiales peligrosos. Cuanta más información específica sobre el material tenga a la mano, la respuesta deberá ser adecuada a la situación.

Evalúe la situación. Considere lo siguiente:

- ¿Hay un fuego, un derrame o una fuga?
- ¿Cuáles son las condiciones del clima?

- ¿Cómo es el terreno?
- ¿Quién/Qué está en riesgo: personas, propiedad o el ambiente?
- ¿Qué acciones deberán tomarse: es necesaria una evacuación? ¿Qué recursos se necesitan (humanos y equipo), cuales están disponibles de inmediato?
- ¿Qué se puede hacer inmediatamente?

Consiga ayuda. Avise a su oficina principal para que notifique a las dependencias responsables y pidan apoyo de personal calificado.

Decida sobre la entrada al lugar. Cualquier esfuerzo que haga por rescatar personas, proteger la propiedad o el ambiente, deberá ser medido en contra de la posibilidad de que usted pudiera volverse parte del problema. Entre al área solamente cuando esté usando el equipo de protección adecuado.

Responda de una manera apropiada. Establezca un puesto de mando y líneas de comunicación. Rescate víctimas hasta donde le sea posible y evacue si es necesario. Mantenga el control del lugar. Evalúe la situación y modifique la respuesta en consecuencia.

Sobre todo no camine dentro o toque el material derramado. Evite la inhalación de gases, humos y vapores.

### **Acciones de protección**

Las acciones de protección son aquellos pasos tomados para preservar la salud y la seguridad de los respondedores de emergencia y de la población durante un incidente que involucre descargas de materiales peligrosos.

Aísle el área de peligro y no permita la entrada. Esto significa mantener a todos lejos del área si es que no están directamente involucrados en las operaciones de respuesta de emergencia. A los respondedores de emergencia sin protección, no se les deberá permitir la entrada a la zona de aislamiento. Esta tarea de "aislamiento" está hecha, primero para establecer un control sobre el área de operaciones. Este es el primer paso que debe seguir para cualquiera de las acciones protectoras.

Evacuar significa mover a todas las personas desde un área amenazada hasta un lugar seguro. Para realizar la evacuación, deberá haber tiempo suficiente para advertir a la población, para que esté preparada y para abandonar el área. Si hay tiempo suficiente, la evacuación es la mejor acción de protección. Empiece por evacuar a la población cercana y a aquellos al aire libre con vista directa a la escena. Cuando llegue la ayuda adicional, expanda el área que va a ser evacuada a favor del viento y en viento cruzado, de ser posible fuera del alcance del evento. Aún después de que la gente se haya retirado a las distancias recomendadas, puede que no estén completamente a salvo de daño. No se les debe permitir que se congreguen a tales distancias. Mande a los evacuados a un lugar definido, por una ruta específica, lo suficientemente lejos para que ellos no tengan que retirarse nuevamente si el viento cambia.

Protección en el lugar significa que la población se deberá ir adentro del edificio y permanecer ahí hasta que pase el peligro. En el caso de derrames de corto plazo y nubes de vapor tóxico, el material puede ser desviado hacia una planta del edificio y pasar por ella sin dañar a los ocupantes del edificio. La protección en el lugar, se usa cuando la

evacuación de la población pudiera causar mayores riesgos que el de quedarse donde están, o cuando una evacuación no puede ser realizada.

Dirija a la gente hacia adentro para cerrar todas las puertas y ventanas. La protección en el lugar puede no ser la mejor opción sí: (a) los vapores son inflamables; (b) si toma mucho tiempo el limpiar el gas del área; o (c) si los edificios no pueden cerrarse herméticamente. Los vehículos pueden ofrecer alguna protección por un período corto si se cierran las ventanas y se desconectan los sistemas de ventilación. Los vehículos no son tan efectivos como los edificios para una protección en el lugar.

Es vital mantener la comunicación con personas competentes dentro del edificio para que estén avisadas acerca de los cambios de condiciones. Aquellas personas protegidas en el lugar deberán ser advertidas de mantenerse alejadas de las ventanas debido al peligro del vidrio y la proyección de fragmentos de metal en un fuego y/o explosión.

Cada incidente de materiales peligrosos es diferente. Cada uno tendrá problemas y complicaciones especiales. La acción para proteger a la población deberá seleccionarse cuidadosamente.



**VI.5.4 MEDIDAS PREVENTIVAS**

**TABLA VI.14 RIESGOS IDENTIFICADOS Y LAS RECOMENDACIONES A REALIZAR PARA MINIMIZARLOS (continúa)**

RIESGO DETECTADO	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
<p>Actos Inseguros (producidos por ignorancia de los trabajadores).</p>	<p>Todo el personal que labore en la Planta Potabilizadora deberá conocer y tener acceso al manual de operación.</p> <p>OOAPAS deberán realizar o supervisar que se cumplan programas de capacitación para el personal para garantizar una operación adecuada y acciones seguras por parte de estos.</p> <p>OOAPAS deberán capacitar, o supervisar que ésta se lleve a cabo, al personal involucrado en el funcionamiento de la Planta Potabilizadora para saber que hacer para cualquier eventualidad en el manejo del cloro como fugas y derrames, debiéndose asesorar por la compañía que suministre el cloro y por Protección Civil.</p> <p>Quedará estrictamente prohibido almacenar en el área de cloración cualquier otra sustancia diferente al cloro. Por ningún motivo el cloro deberá entrar en contacto con derivados del petróleo, ácidos minerales no oxidantes, ácidos orgánicos, trementina, alcoholes y glicolas, amidas, aminas alifáticas y aromáticas, carbonatos, cianuros, ditiocarbamatos, compuestos orgánicos halogenados, acetona, hidrógeno, amonía y sulfuro, ya que puede reaccionar violentamente.</p> <p>Se deberán colocar señalamientos restrictivos, preventivos e informativos, con el fin de que el personal conozca la situación a la que esta expuesto y tenga cuidado de tal manera que evite cometer actos inseguros.</p>
<p>Condiciones inseguras (dadas por la peligrosidad que pueden presentar las instalaciones, herramientas, equipos y maquinaria).</p>	<p>En un sistema de cloración es imprescindible que se cuente con un programa de mantenimiento preventivo ya que éste requiere de vigilancia continua, debido a que un descuido o negligencia puede resultar en un peligro para el personal o daño del equipo.</p> <p>Se deberán llevar a cabo programas de mantenimiento correctivo que garanticen el buen funcionamiento de la Planta Potabilizadora.</p> <p>Se identificarán todos los equipos que estén relacionados con la cloración y las tuberías que conduzcan cloro deberán pintarse de color amarillo.</p> <p>Se deberán llevar a cabo inspecciones periódicas de las instalaciones.</p> <p>Se requiere de medición y control adecuado en la dosificación del cloro.</p>

**TABLA VI.14 RIESGOS IDENTIFICADOS Y LAS RECOMENDACIONES A REALIZAR PARA MINIMIZARLOS (Continuación)**

RIESGO DETECTADO	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
	<p>Los tanques de cloro deben contar con una cápsula protectora de la válvula de descarga, antes de moverlo se deberá inspeccionar que cuente con dicha protección.</p> <p>La contratación del suministro del cloro incluirá el colocado de los tanques en el sitio de la Planta Potabilizadora por lo que el transportista será el responsable de llevar a cabo la acción de manera segura, deberá contar con los permisos requeridos para el transporte de sustancias peligrosas.</p> <p>El transportista deberá contar con un documento de embarque el cual contendrá la información necesaria para identificar el material involucrado. Nombre, clase de riesgo o división del material, Número de identificación, grupo de envase o embalaje, así como la información requerida que describa los riesgos del material y las recomendaciones pertinentes en caso de un accidente. Deberá incluir un cartel visible en el vehículo con número de identificación y las características principales de la sustancia.</p>
<p>Riesgo de fuego y explosión (El cloro no es inflamable, ni explosivo, pero propiciará combustión, puede encender otros materiales combustibles como la madera, el papel, aceite y ropa, entre otros).</p>	<p>Se contarán con extinguidores portátiles dentro de las instalaciones de la Planta Potabilizadora los cuales deberán de estar colocados en lugares accesibles, bien localizados y con letreros para su mejor ubicación.</p> <p>Se indicarán rutas de evacuación y señalización en todas las instalaciones de la planta.</p> <p>Los tanques de cloro deberán mantenerse lejos de cualquier fuente calorífica o de ignición, los contenedores de cloro pueden explotar cuando se calientan (74°C), por lo cual cuentan con 3 fusibles en cada extremo diseñados para que fundan entre 70 y 73.9 °C. La presión de diseño de los contenedores será señalada por el fabricante para lo cual es necesario el uso del equipo de control como manómetros.</p> <p>Los tanques de cloro deberán almacenarse a temperaturas mayores de 10°C para evitar congelamiento.</p> <p>Los tanques de cloro se moverán por medio de una grúa (nunca magnética) utilizando los ganchos adheridos a sus extremos y descartando cualquier otro tipo de amarre.</p>

**TABLA 14 RESUMEN DE RIESGOS DETECTADOS Y MEDIDAS MITIGATORIAS EN LA ETAPA DE OPERACIÓN (Continuación)**

RIESGO DETECTADO	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
Fugas en conexiones	<p>Se deberá probar toda unión nueva con una estopa humedecida con amonía sostenida cerca de las uniones, los humos blancos de cloruro de amonio señalan las fugas. Evítese el contacto directo del cloro sobre las válvulas y conexiones ya que éste deshace algunos recubrimientos.</p> <p>Nunca trabajar en un sistema presurizado, si hay una fuga, cierre la válvula del cilindro y posteriormente repare la fuga.</p> <p>No usar llaves inglesas de más de 15 cm de longitud para las válvulas del tanque de 1 ton.</p>
Corrosión	<p>Deben revisarse con frecuencia todas las conexiones en las líneas de cloro. Se deberá corregir la menor fuga de cloro inmediatamente ya que se pueden convertir rápidamente en grandes fugas ya que el cloro en presencia de humedad es altamente corrosivo.</p>
Congelación del cloro	<p>El agua a ser desinfectada debe tener una temperatura entre 10 y 26.6°C ya que a temperaturas de 9.56°C o menores, se forma una disolución acuosa saturada de cloro que da origen a un sólido con ocho moléculas de agua llamada hielo de cloro</p> <p>La dosificación del cloro de cada tanque de una tonelada no debe ser mayor de 180 kg diarios con el fin de evitar la congelación del cloro.</p>
Riesgos contra la salud de los trabajadores	<p>El personal que labore en la Planta Potabilizadora deberá hacer uso del equipo de protección personal (mascarillas, guantes, mandil, goggles, botas). OOAPAS deberá informar a los trabajadores de los riesgos a la salud por el manejo de gas cloro y la manera de minimizar el riesgo al llevar a cabo acciones seguras.</p> <p>Dentro de las instalaciones de la Planta Potabilizadora deberán existir letreros señalando en cada área el uso del equipo de protección requerido y letreros de acciones precautorias y restrictivas.</p> <p>Las máscaras contra gas cloro deberán colocarse fuera del área de cloración en sitios estratégicos, adecuados, de manera que se encuentren fácilmente y estén listas para su uso inmediato.</p> <p>Los trabajadores cuyas ropas han sido contaminadas por cloro deberán cambiarse y bañarse inmediatamente. La ropa deberá ser lavada por personal que este informado de los riesgos de estar en contacto con el cloro.</p>

**TABLA 14 RESUMEN DE RIESGOS DETECTADOS Y MEDIDAS MITIGATORIAS EN LA ETAPA DE OPERACIÓN (Continuación)**

RIESGO DETECTADO	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
o	<p>Deberán existir fuentes para lavado de ojos en el área inmediata que podrán brindar soporte a los trabajadores en caso de alguna eventualidad.</p> <p>Deberá haber regaderas de emergencia para ser usadas en caso de que existiera contacto del cloro con piel u otro órgano del cuerpo de los trabajadores.</p> <p>Quedará estrictamente prohibido fumar dentro de las instalaciones así como ingerir bebidas alcohólicas. No se deberá comer o beber mientras se efectúe el manejo, almacenamiento o uso del cloro. Inmediatamente después de efectuar el manejo de la sustancia, de sus recipientes o accesorios, el personal deberá lavarse cuidadosamente las manos, así como antes de ingerir cualquier alimento.</p> <p>Se recomienda la vacunación contra la tifoidea, tétanos y las infecciones de la piel. Hay que aplicar una serie de dos inyecciones de toxoide tetánico (con un mes de lapso entre una y otra) y repetirse la serie cada cinco años.</p>

## VI.6 RESIDUOS, DESCARGAS Y EMISIONES GENERADAS DURANTE LA OPERACIÓN DEL PROYECTO

### VI.6.1 Caracterización

Residuos no peligrosos: Respecto a residuos sólidos municipales, se considera que existirá una generación de 0.20 kg/trabajador/día. Los residuos deberán ser almacenados, recolectados y conducidos por parte de la empresa responsable de la operación de la planta en forma adecuada hacia el basurero municipal ubicado hacia la salida a Quiroga, una vez que estos hayan sido seleccionados y separados por lo menos en orgánicos, inorgánicos y sanitarios.

Residuos peligrosos: Dentro de los residuos que pueden ser generados son aceites y lubricantes (incluidos como de manejo especial), y materiales impregnados con dichas sustancias. Su almacenamiento y manejo deberán ser de manera ambientalmente apropiada y de acuerdo a la legislación aplicable, debiéndose dar de alta ante la SEMARNAT como generadora de residuos peligrosos y deberán ser recolectados por medio de una compañía recolectora autorizada por la propia Secretaría.

### VI.6.2 Emisiones atmosféricas.

Las emisiones a la atmósfera se concretarán a olores, algunos polvos, aerotransportables y aerosoles.

### VI.6.3 Descarga de aguas residuales.

Las aguas residuales serán las generadas por los trabajadores que laboren en la planta potabilizadora; el volumen de generación será aproximadamente de 40 litros/trabajador/día. El sitio de disposición será una fosa séptica.

### VI.6.4 Factibilidad de Reciclaje o Tratamiento

Los residuos sólidos municipales generados tanto en la construcción deberán ser clasificados para su reuso y depositados en contenedores que deberán estar colocados estratégicamente para poder tener acceso a ellos fácilmente en cada frente de trabajo. Dichos contenedores facilitarán la clasificación de los residuos sólidos no peligrosos, de acuerdo a los colores estipulados en la tabla siguiente o por lo menos en orgánicos, inorgánicos y sanitarios. Los residuos que no puedan ser reutilizados se deberán retirar del lugar de la obra a sitios de confinamiento permanente.

**TABLA VI.15 CONTENEDORES PARA CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES GENERADOS EN LA CONSTRUCCIÓN**

Color del Contenedor	Tipo de Residuo
Amarillo	Papel y cartón
Blanco	Vidrio
Azul	Plástico
Gris	Metal
Verde	Materia orgánica
Rojo	Varios

### VI.6.5 Disposición

Se cuenta con el basurero municipal, en el cual se alojarán los residuos no peligrosos generados por medio del convenio previo respectivo.

VI	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS .....	VI-1
VI.1	ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES .....	VI-1
VI.2	METODOLOGÍAS DE IDENTIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN .....	VI-2
VI.3	RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN.....	VI-6
VI.4	INTERACCIONES DE RIESGO .....	VI-15
VI.5	RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS .....	VI-15
VI.5.1	OPERACIÓN .....	VI-17
VI.5.2	MANTENIMIENTO.....	VI-20
VI.5.3	EQUIPO DE SEGURIDAD EN LAS INSTALACIONES .....	VI-21
VI.5.4	MEDIDAS PREVENTIVAS .....	VI-27
VI.6	RESIDUOS, DESCARGAS Y EMISIONES GENERADAS DURANTE LA OPERACIÓN DEL PROYECTO .....	VI-30
VI.6.1	Caracterización.....	VI-30
VI.6.2	Emisiones atmosféricas.....	VI-30
VI.6.3	Descarga de aguas residuales. ....	VI-31
VI.6.4	Factibilidad de Reciclaje o Tratamiento .....	VI-31
VI.6.5	Disposición .....	VI-31

## VII CONCLUSIONES

El Ayuntamiento de la ciudad de Morelia a través del Organismo Operador de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Morelia (OOAPAS) está implementando el proyecto de ampliación del abastecimiento de agua potable a la ciudad de Morelia. Dentro de estas obras está el incremento de la capacidad de conducción del acueducto de captación del agua de la presa de La Mintzita, por lo que se deberá realizar el proyecto y construcción de la Potabilizadora La Mintzita con el objetivo de potabilizar un caudal promedio de 1.5 m<sup>3</sup>/s.

El terreno seleccionado para ubicar la Potabilizadora de la Mintzita se encuentra al Suroeste de la ciudad de Morelia, cerca de la presa La Mintzita, en las inmediaciones de la obra de toma de CRISOBA, en donde recibirá el agua por gravedad por lo que al inicio se deberá tener una obra de toma y una planta de bombeo. El sitio de estudio se ubica dentro de la zona declarada protegida, con todas las restricciones normativas de este tipo de áreas ecológicas.

El motivo de la protección del manantial de La Mintzita, es la protección del recurso agua que abastece a la capital del Estado, así como garantizar las condiciones óptimas de salud para la población, por lo que el proyecto no se contrapone a lo estipulado ya que se protege el área para garantizar el abastecimiento y con el proyecto se garantiza la calidad de dicho abastecimiento.

Por la naturaleza de la fuente y las restricciones para su captación, es de preverse que persistan problemas de mala calidad, como sólidos, color y olor, sobre todo en determinadas épocas del año, por lo que se considera necesario construir en esta zona una planta potabilizadora, cuya finalidad sería garantizar, bajo cualquier circunstancia a lo largo del año, que el agua cumpla con las condiciones de calidad que se requieren para su uso y consumo.

La construcción de la Planta Potabilizadora ofrecerá la posibilidad de contar con el caudal necesario para abastecer a la ciudad de Morelia y con calidad tal que cumpla con la normatividad aplicable para consumo humano.

La operación de la Planta potabilizadora, deberá apegarse a los lineamientos que para tal efecto se definieron en su respectivo proyecto, cualquier cambio que se realice deberá notificarse a las autoridades competentes para su autorización y asentarse en el estudio ambiental correspondiente.

El mayor riesgo dentro de las instalaciones de la Planta potabilizadora es el manejo, operación y almacenamiento del gas cloro, ya que es un gas tóxico que atenta con la salud e inclusive puede causar la muerte a exposiciones prolongadas, adicionalmente en presencia de humedad se vuelve corrosivo por lo que una falla pequeña no atendida puede convertirse en un problema mayor.

El manejo de cloro debe tener precauciones especiales ya que puede llegar a causar hasta la muerte si el contacto es prolongado ó altas concentraciones. Al llevar a cabo programas de mantenimiento preventivo y correctivo adecuados, revisiones periódicas de

su estado de conservación y una buena operación basada en una capacitación efectiva del personal encargado, se minimizan los riesgos. Se deberá contemplar la utilización de detectores de fugas de cloro, así como los equipos necesarios para mantenimiento preventivo del sistema de cloración, además de que dentro del equipo de operación se deberá incluir un equipo de seguridad (KIT B) para control de fugas de cilindros de gas de 908 kg aprobado por el Chlorine Institute. Durante la operación de la Planta Potabilizadora se deberá contar con por lo menos un Equipo de Aire Autónomo de Presión Positiva (SCBA).

El riesgo mayor que pudiera ocurrir con baja probabilidad de ocurrencia es la explosión del contenedor del gas cloro. En la modelación se consideró la explosión de un solo tanque, ya que a pesar de que existen 16 cilindros en operación, la probabilidad de ocurrencia de que exploten todos a la vez es mínima. El hecho por sí solo de que un tanque dentro de un sistema de cloración explote es mínimo. Además, el equipo no estará bajo acción de ninguna fuente calorífica ni en contacto con otras sustancias que pudieran ocasionar una reacción, por lo cual y para minimizar dicho riesgo los tanques de cloro de 908 kg, los cuales estarán sujetos a presión, deberán estar avalados por la STPS (Secretaría del Trabajo y Previsión Social). De acuerdo a la bibliografía consultada las fallas de mayor incidencia en donde está involucrada dicha sustancia, es por fugas en las conexiones de tuberías, válvulas y accesorios, siendo las más comunes cuando se conecta o desconecta una tubería flexible o manguera.

El riesgo de mayor probabilidad de ocurrir es la de un gas proveniente de una fuga de un líquido que se evapora, en el peor de los casos considerados entre velocidades de viento en un rango de 1.5 a 2.5 m/s, se alcanza la concentración de 72.50 mg/m<sup>3</sup> a una distancia de 420 m de la zona donde se ha producido la fuga, por lo que en este caso los afectados serán los propios trabajadores de la Planta Potabilizadora. Mientras que la zona de amortiguamiento se alcanza a una distancia del evento de hasta 850 m.

El gas cloro es más pesado que el aire por lo que tenderá a mantenerse próximo al suelo. En las inmediaciones donde se localizará la Planta Potabilizadora, la densidad poblacional es baja, siendo los principalmente afectados los trabajadores involucrados, el medio natural circundante, e inclusive al estar en las vecindades la afectación llegaría hasta las instalaciones de CRISOBA.

Evidentemente, los trabajadores dentro de la Planta potabilizadora, en caso de un evento no deseado, podrán sufrir daños físicos y peligros ocasionados por la presencia de gases o vapores tóxicos. Aunque también cabe mencionar que muchos de los accidentes se deben principalmente a descuidos y a la falta de disciplina, lo que se puede evitar implementando un reglamento de seguridad interno para prevenirlos, e inclusive se deberán llevar acuerdos con la empresa CRISOBA para en caso de contingencia apoyarse mutuamente y saber como resolverla.

Los trabajadores deberán conocer las acciones inmediatas los trabajadores involucrados en la operación del mismo, deberán estar capacitados para llevar adecuadamente sus funciones y para que conozcan los riesgos que involucra su actividad y las medidas precautorias de seguridad y emergencia que deben adoptar al presentarse algún evento



extraordinario y minimizar los riesgos de trabajo. Todos los empleados deberán estar previamente vacunados contra difteria y tétanos.

El personal que labore en la Planta potabilizadora deberá hacer uso del equipo de protección personal de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2001, el cual comprenderá de mascarillas, guantes, mandil, goggles y botas.

El personal que este en contacto con el cloro deberá bañarse inmediatamente después de haberlo estado, asimismo las ropas y el equipo utilizado debe lavarse inmediatamente. Deberá haber regaderas de emergencia para ser usadas en caso de que existiera contacto del cloro con piel u otro órgano del cuerpo de los trabajadores.

Es necesario colocar por lo menos una regadera de emergencia con fuente para lavado de ojos en el área de desinfección. Así mismo se debe colocar un dispositivo para indicar la dirección del viento para que en caso de una eventualidad el personal que labora en la planta pueda dirigirse a un sitio seguro de acuerdo a la dirección del viento, ya que este será el principal factor para el transporte de una nube tóxica.

Dentro de las instalaciones de la Planta potabilizadora se contará con señalamientos referentes al tipo de equipo de protección requerido para el personal de acuerdo al área de trabajo que labora, así como avisos y señales precautorias, informativas y restrictivas bajo el marco normativo de las Normas Oficiales Mexicanas NOM-026-STPS-1998.

Se deberán identificar los equipos que estén relacionados con el manejo de cloro y las tuberías que lo conduzcan deberán ser reconocidas y pintadas de color amarillo de acuerdo a la NOM-026-STPS-1998.

Ninguna persona podrá comer, beber bebidas embriagantes, ni fumar dentro de las instalaciones de la Planta potabilizadora fuera del área que para ello este estipulada dentro del manual operativo correspondiente. Es imprescindible que el personal que labore en ella se lave las manos antes de ingerir cualquier alimento y que se cambie de ropa una vez terminada la jornada de trabajo.

La transportación del cloro deberá realizarse bajo el marco normativo de la Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1999. Así mismo el transporte será responsabilidad del proveedor.

La operación de la Planta potabilizadora deberá basarse en la normativa vigente así como en el manual de operación y mantenimiento que cada proveedor de piezas especiales y equipo otorgue para el buen funcionamiento de éstos. Se deberá llevar un control adecuado para que la dosificación del gas cloro sea de acuerdo a lo estipulado en el proyecto ejecutivo, así como cada una de las fases de operación se realicen adecuadamente, con el fin de garantizar que concentración requerida garantice la calidad estipulada del agua tratada.

Será necesario verificar la calidad del agua del efluente de la Planta potabilizadora con la finalidad de garantizar la calidad del agua abastecida a la población de Morelia.

---

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Accidente:** Suceso fortuito e incontrolado, capaz de producir daños.

**Actividades altamente riesgosas:** Acción o serie de pasos u operaciones comerciales y/o de fabricación industrial, distribución y ventas en que se encuentran presentes una o más sustancias peligrosas, en cantidades iguales o mayores a su cantidad de reporte, que al ser liberadas a condiciones anormales de operación o externas, provocarían accidentes y posibles afectaciones al ambiente.

**Análisis de consecuencias:** Método de evaluación que permite la cuantificación de la probabilidad de un accidente y el riesgo asociado al funcionamiento de una planta, se basan en la descripción gráfica de las secuencias del accidente.

**Análisis de ¿Qué pasa sí?:** Técnica de intercambio de ideas para explorar posibilidades y considerar los resultados de acontecimientos no deseados o inesperados (por ejemplo, ¿Qué pasa sí el material equivocado o una concentración de material equivocado se entrega? ¿Qué pasa sí el operador abre o cierra la válvula equivocada?).

**Árbol de fallas:** Metodología deductiva para la detección de riesgos, se representa por un modelo gráfico en forma de árbol invertido, que ilustra la combinación lógica de fallos parciales que conducen al fallo del sistema.

**Biota:** Conjunto de flora y fauna de una región.

**BLEVE:** Explosión de vapor de líquido en ebullición y expansión, por sus siglas en inglés.

**Cantidad de reporte:** Cantidad mínima de sustancia peligrosa en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, o la suma de estas existente en una instalación o medio de transporte dados, que al ser liberada, por causas naturales o derivadas de la actividad humana ocasionara un efecto significativo al ambiente, a la población o a sus bienes.

**Emergencia:** Situación derivada de actividades humanas o fenómenos naturales que al afectar severamente a sus elementos, pone en peligro a uno o varios ecosistemas o la pérdida de vidas humanas.

**Estudios de peligro y operabilidad (HazOp):** Método ampliamente utilizado en industrias de proceso para identificar problemas potenciales de operación que puedan causar una desviación de un intento de diseño. Se utiliza una serie de palabras guía (por ejemplo: no más, menos, otro, distinto, así como) a “nódulos de estudio” específicos (por ejemplo, sin flujo, alta presión).

**Evaluación de riesgo:** El proceso de estimar la probabilidad de que ocurra un acontecimiento y la magnitud probable de los efectos adversos (en la seguridad, salud, ecología o financieros), durante un periodo específico.

**Exposición:** Acceso o contacto potencial con un agente o situación peligrosa; contacto del límite extremo de un organismo con agentes químicos, biológicos o físicos.

**Exposición aguda/efecto:** Exposición única a una sustancia (por lo general en alta concentración y con duración no superior a un día) que da por resultado daños biológicos severos, por lo común evidentes a corto plazo.

**Exposición crónica/efecto:** Exposición continua o repetida (generalmente en bajas concentraciones durante largos periodos o persistencia de los efectos a largo plazo, el (los) efecto(s) pueden no ser claros durante un plazo largo después de la exposición inicial. Exposiciones y efectos subagudos y subcrónicos, son intermedios entre agudos y crónicos (por lo general de unas cuantas semanas a varios meses).

**Falla del sistema:** Situación excepcional atribuible a defectos de los componentes y a su interacción de los mismos con el exterior.

**IDLH:** "Inminentemente peligrosa para la vida y la salud", por sus siglas en inglés, concentración máxima arriba de la cual sólo podría permitirse la exposición a ella con un equipo de respiración altamente confiable que provea la máxima seguridad a un trabajador.

**Incidente:** Toda aquella situación anómala, que suele coincidir con situaciones que quedan controladas.

**Lista de verificación:** Lista detallada de requerimientos o pasos para evaluar el estado de un sistema u operación y asegurar el cumplimiento de procedimientos de operación estándar.

**Mitigación:** Conjunto de acciones para atenuar, compensar y/o restablecer las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación y/o deterioro que provocara la realización de algún proyecto en cualquiera de sus etapas.

**Plan de emergencia:** Sistema de control de riesgos que consiste en la mitigación de los efectos de un accidente, a través de la evaluación de las consecuencias de los accidentes y la adopción de procedimientos. Este solo considera aspectos de seguridad.

**Peligro:** Característica de un sistema o proceso de material que representa el potencial de accidente (fuego, explosión, liberación tóxica).

**Programa para la prevención de accidentes:** Programa que aplica políticas, procedimientos y prácticas administrativas a las tareas de analizar, evaluar y controlar accidentes.

**Riesgo:** Situación que puede conducir a una consecuencia negativa no deseada.

**Riesgo ambiental:** La probabilidad de que ocurran accidentes mayores que involucren a los materiales peligrosos que se manejan en las actividades altamente riesgosas, que puedan trascender los límites de sus instalaciones y afectar de manera adversa a la población, sus bienes, y al ambiente.

**Riesgo específico:** Riesgo asociado a la utilización o manejo de productos que, por su naturaleza, pueden ocasionar daños (productos tóxicos, radiactivos).

**Riesgo mayor:** Relacionado con accidentes y situaciones excepcionales. Sus consecuencias pueden presentar una gravedad tal que la rápida expulsión de productos peligrosos o de energía podría afectar áreas considerables.

**Sustancia peligrosa:** Aquella que por su alto índice de corrosión, inflamabilidad, explosividad, toxicidad, radiactividad o acción biológica, pueden ocasionar una acción significativa al ambiente, a la población, o a sus bienes.

**Sustancia inflamable:** Aquella que en presencia de una fuente de ignición y de oxígeno, entran en combustión a una velocidad relativamente alta, que posean un punto de inflamabilidad menor a 60 °C y una presión de vapor absoluta que no exceda de 2.85 kg/cm<sup>2</sup> a 38 °C.

**Sustancia explosiva:** Aquellas que en forma espontánea o por acción de alguna fuente de ignición (chispa, flama, superficie caliente), generan una gran cantidad de calor y energía de presión en forma casi instantánea, capaz de dañar seriamente las estructuras por el paso de los gases que se expanden rápidamente.

**Sustancia tóxica:** Aquella que puede producir en organismos vivos lesiones, enfermedades, implicaciones genéticas o muerte.

**TLV:** “Valor Umbral Limite” (por sus siglas en inglés). Límite permisible de concentración en el cual se asume que una exposición a una sustancia tóxica que no lo exceda producirá un daño pequeño para la mayoría de los individuos.

**Vulnerabilidad:** Estimación de lo que pasará cuando los efectos de un accidente (radiación térmica, onda de choque, evolución de la concentración de una sustancia, entre otros.) actúan sobre las personas, el medio, sobre edificios, equipo, entre otros. Esta estimación puede realizarse mediante una serie de datos tabulados, gráficos y por los modelos de vulnerabilidad.

**Zona intermedia de salvaguarda:** Área determinada del resultado de la aplicación de criterios y modelos de simulación de riesgo que comprende las áreas en las cuales se presentarían límites superiores a los permisibles para la salud del hombre y afectaciones a sus bienes y al ambiente en caso de fugas accidentales de sustancias tóxicas y de la presencia de ondas de sobrepresión en caso de formación de nubes explosivas. Esta se conforma por la zona de alto riesgo y la zona de amortiguamiento.

**Zona de amortiguamiento:** Área donde pueden permitirse determinadas actividades productivas que sean compatibles, con la finalidad de salvaguardar a la población y al ambiente restringiendo el incremento de la población asentada.

**Zona de riesgo:** Área de restricción total en la que no se debe permitir ningún tipo de actividad, incluyendo asentamientos humanos, agricultura con excepción de actividades de forestación, cercamiento y señalamiento de la misma, así como el mantenimiento y vigilancia.

---

## BIBLIOGRAFIA

1. MODELOS ATMOSFÉRICOS PARA SIMULACIÓN DE CONTAMINACIÓN Y RIESGOS EN INDUSTRIAS”, SCRI, Versión 4.01, Dinámica Heurística, México.
2. “MANUAL DE EVALUACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS”, Mc Graw Hill. 1998
3. “POCKET GUIDE TO CHEMICAL HAZARDS AND OTHER DATABASES DHHS” National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Publication No. 99-115, April 1999
4. "2004, GUÍA DE RESPUESTA EN CASO DE EMERGENCIA", Departamento de transportes de Estados Unidos, Administración de Estudios y Programas Especiales; Transporte de Canadá, Seguridad Materiales Peligrosos; Secretaria de Comunicación y Transporte.
5. “DIPLOMADO EN RIESGO AMBIENTAL”, Memorias del Diplomado impartido por la División de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería, UNAM. 1997.
6. “DIPLOMADO EN SISTEMA DE CONTROL DE RESIDUOS MUNICIPALES”, Memorias del Diplomado impartido por la División de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería, UNAM.1996.
7. "SISTEMAS DE DESINFECCIÓN DEL AGUA", Alba Beatriz Vázquez González, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo- UNAM, 1997.
8. "CHLORINATION OF WASTEWATER, MANUAL OF PRACTICE NO. 4", Subcommitte on Chlorination of Wastewater, Water Pollution Control Federation, 1976.
9. "PURIFICACIÓN DE AGUAS Y TRATAMIENTO Y REMOCIÓN DE AGUAS RESIDUALES" Fair, Geyer y Okun, Editorial LIMUSA, 1981.
10. "MEDIO ACUÁTICO", Centro de Estudios Superiores, Foro Europeo de Promoción y Desarrollo Formativos S.L., Promociones Informativas y Formativas, S.A., 1998
11. “INGENIERÍA AMBIENTAL: CONTAMINACIÓN Y TRATAMIENTOS”, Ramón Sans Fonfría, Joan de Pablo Ribas, Colección Productica, Editorial Marcombo, 1989.
12. “INGENIERÍA AMBIENTAL”, Gerard Kiely; Editorial Mc. Graw Hill, 1999
13. “LA CONTAMINACIÓN Y SUS EFECTOS EN LA SALUD Y EL AMBIENTE”, Julio Flores, Sergio López y Lilia Albert, Centro de Ecología y Desarrollo.
14. “MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES”, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Comisión Federal de Electricidad.

- 
15. "MEDIDA Y CONTROL DE RUIDO", Juan Ochoa Pérez y Fernando Bolaños, Colección Productiva, Editorial Marcombo, 1990.
  16. "MODIFICACIONES AL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN", Enriqueta García, México 1988.

VII	Conclusiones .....	VII-1
	GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	VII-4
	BIBLIOGRAFIA .....	VII-7