

# Ingeniería Conceptual

Este es un documento de diseño inicial para el estudio de factibilidad que incluye las capacidades de operación (entradas y productos), la evaluación de las tecnologías del proceso y la documentación básica y del proceso, diagramas de flujo en bloque y el sembrado del proceso y el diseño general de la planta, el estudio de selección del sitio (ubicación de la planta), el cronograma inicial del proyecto y la estimación de los costos del proyecto (por factores con aproximación de -50 a 100% de variación). Es la base de la ingeniería básica y de los términos de referencia. Los principales entregables en esta etapa son:

1. Resumen ejecutivo que contiene los siguientes puntos:

1 de 14





1. Diagrama de flujos y balances de masa y energía generales (productos, sub-productos y servicios).
  2. Sembrado en fase conceptual.
  3. Estimación de orden de inversión.
  4. Estimación de costo operativo.
  5. Estimación del personal operativo necesario.
  6. Cronograma general del proyecto.
2. Colectores, fuentes de agua y profundización del Lago TX
    - Resumen
    - 1. Antecedentes
    - 2. Sistema hidrogeológico Tláhuac-Xico
    - 3. Características del Lago
    - 4. Profundización del Lago
    - 5. Colectores y fuentes de aguas residuales.
    - Conclusiones y Recomendaciones
    - Anexos
  3. Reuso potable:
    - 1. Introducción
    - 2. Normatividad
    - 3. Plantas de tratamiento de agua residuales
    - 4. Planta de potabilización
    - 5. Humedales
    - Conclusiones y recomendaciones.
    - Anexos
  4. Situación Social y jurídica del Proyecto Habilitación del lago Tláhuac-Xico
    - 1. Historia del Lago Tláhuac-Xico
    - 2. Dotación a los ejidos 1922-23
    - 3. Declaratoria de aguas de propiedad nacional del Valle de Mexico
    - 4. El regreso del Lago
    - 5. Declaración del proyecto



## Resumen ejecutivo del proyecto conceptual “Habilitación Integral del lago Tláhuac Xico”

En coordinación con el Gobierno de la Ciudad de México y del Estado de México, CONAGUA participa en el proyecto conceptual denominado “Habilitación Integral del Lago Tláhuac Xico”, con recursos del Fideicomiso 1928 con un avance actual del 70 %, que considera la elaboración de los términos de referencia para el proyecto ejecutivo.

Los objetivos son generar agua, potable (750 L/s) y para riego (400 L/s), a partir de aguas residuales recuperadas y la conservación del territorio para la recuperación de la actividad agrícola y forestal (Cuadro 1).

Cuadro 1. Objetivos de la Habilitación el Lago Tláhuac-Xico

- Contar con **dos plantas de tratamiento (PTAR)**: aguas de Valle de Chalco (800 Lps\*) y aguas de Tláhuac (400 Lps)
- Generar **400 Lps de agua para riego** (suficiente para 370 ha)
- Producir **750 Lps de agua potable** (suficiente para 648,000 personas): 50% para CdMéxico
- **Proyectos ejidales y comunitarios** de desarrollo agroecológico y ecoturismo.
- **Cerrar el paso a los fraccionadores**

Un antecedente, es el Plan Hídrico de la Cuenca de los Ríos Amecameca y La Compañía (PHCCRAC) elaborado, con alta participación ciudadana, por la Comisión de Cuenca del mismo nombre y aprobado por el Consejo de Cuenca del Valle de México el 15 de abril de 2010 (cuadro 2). Su objetivo es retener en la cuenca el agua que ahí se genera. y una de sus estrategias es la habilitación del lago Tláhuac Xico que tiene una historia muy interesante (figura 1).

Cuadro 2 Estrategias del PHC CRAC

1. Obras para retener e infiltrar aguas pluviales
2. Habilitar el lago Tláhuac-Xico para almacenar aguas pluviales (prevención de inundaciones y la provisión de agua potable).
3. Tratamiento de aguas residuales para uso agrícola.
4. Evitar concesiones de acuíferos sobreexplotados.
5. Escuelas como fuente de agua potable y centros de difusión de ecotecnias.
6. Difusión y monitoreo del Plan Hídrico.





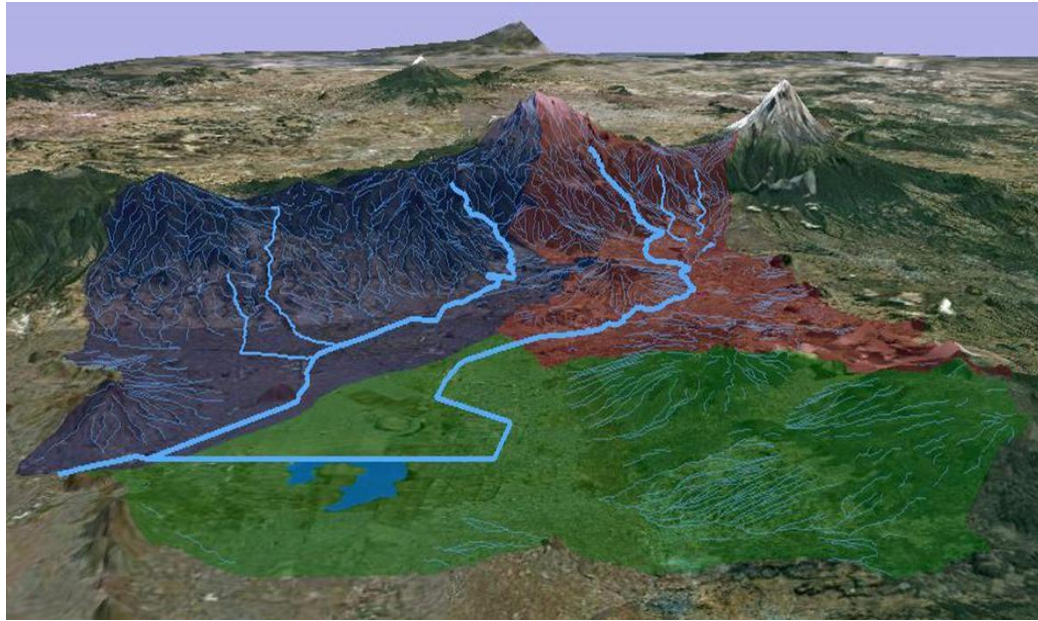


Figura 1 Sub Cuencas de los Ríos Amecameca y la Compañía y del Lago Tláhuac Xico.

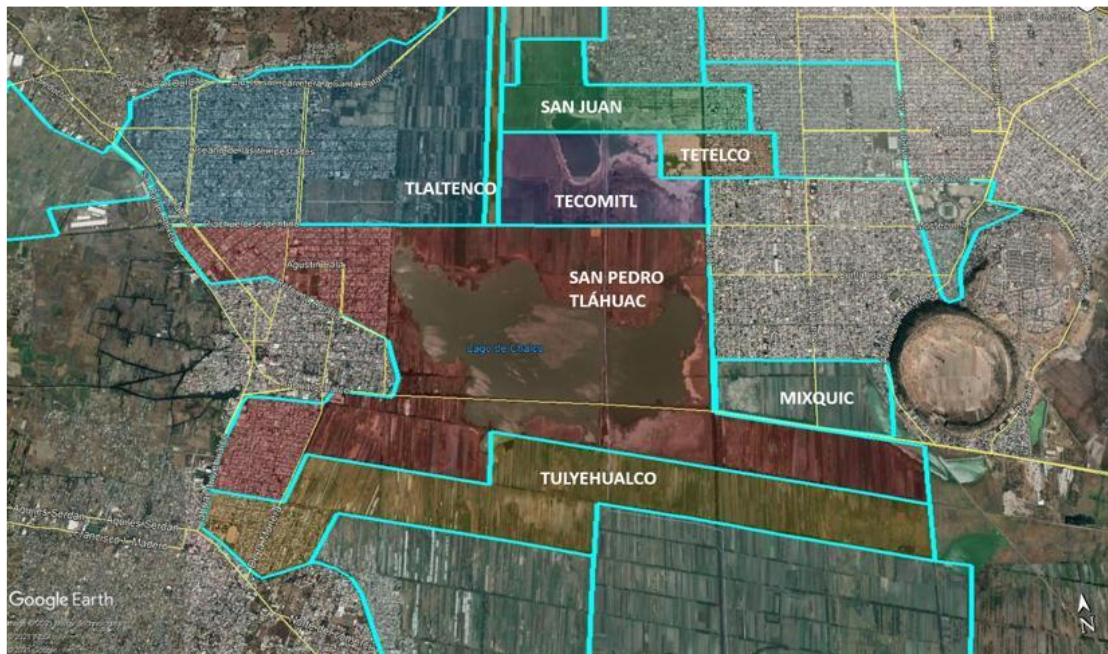


Figura 2 Los 7 Pueblos Originarios en y alrededor del Lago Tláhuac-Xico.



Las comunidades ejidales que se vieron afectadas por el surgimiento del lago son principalmente los ejidos de San Pedro Tláhuac, San Antonio Tecómitl, San Juan Ixtayopan y San Nicolás Tetelco como puede apreciarse en la figura 2. Sin embargo, los ejidos de Santiago Tulyehualco, San Andrés Mixquic y San Francisco Tlaltenco forman parte de la región que recibe la influencia del lago. Una de las primeras acciones en la región fue detener la invasión del lago con cascajo (figura 3) mediante sendas denuncias ante el Fiscal General de la República por parte del Estado de México y el OCAVM (1 marzo 2022) por delito ambiental y la acción de la fuerza pública.

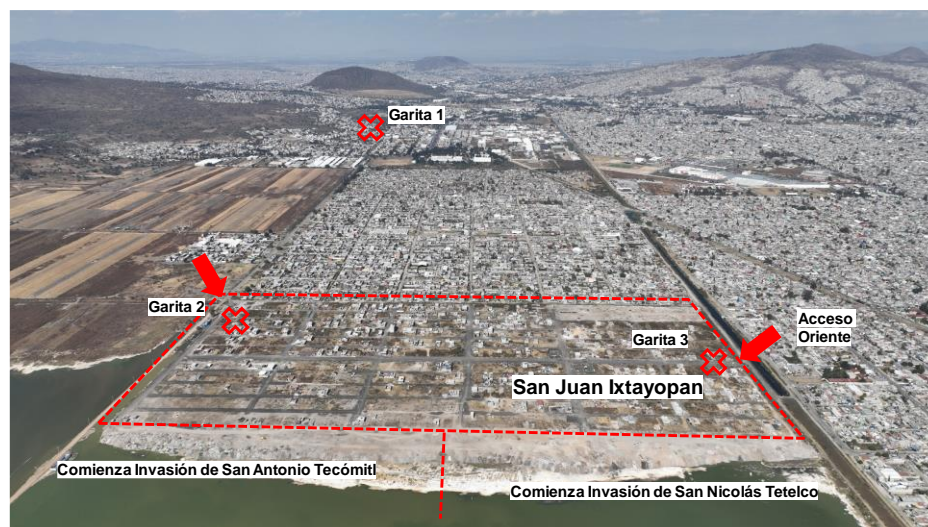


Figura 3. Acciones en Lago Tláhuac Xico para detener el relleno de cascajo.

En la región hay escasez de agua potable y de agua de riego, sin embargo, se expulsa hacia el Canal de la Compañía, un caudal de 2,800 L cada segundo provocando un alto riesgo de inundaciones en el origen del tubo y en su salida en Tula. El reto es transformar un lago de problemas, en un lago de soluciones (figura 4).



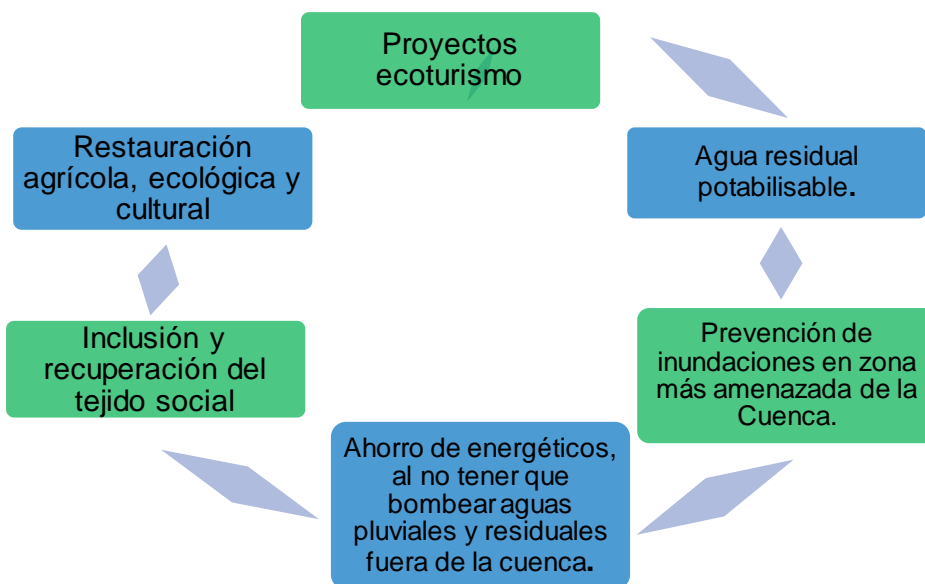


Figura 4 Beneficios de habilitar el Lago Tláhuac-Xico

El proyecto se estructuró alrededor de ocho componentes (cuadro 3) con la participación interinstitucional de la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México, la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural, del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, de la Secretaría de Obras y Desarrollo Urbano y de la Comisión de Aguas del Estado de México.

Cuadro 3 Componentes del proyecto conceptual HLTX

<ul style="list-style-type: none"><li>● <b>Marco normativo</b> Revisión de NOM-001, 127, Calidad del agua</li><li>● <b>Tratamiento y Potabilización</b> Tecnologías de tratamiento de bajo impacto ambiental</li><li>● <b>Colectores</b> Catastro de la zona de estudio (Tláhuac, Milpa Alta, Valle de Chalco)</li><li>● <b>Plataforma SIG (geovisualizador)</b> Análisis de información Difusión</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● <b>Fuentes</b> Hidrología, Pluviales, Residuales aprovechables</li><li>● <b>Método de Profundización</b> Topografía, Batimetría Geología y geotecnia Geohidrología Mecánica de suelos</li><li>● <b>Social Jurídico</b> Historia, certeza, relaciones</li><li>● <b>Xico regional</b> Agricultura, medio ambiente</li></ul>
---	---

Con el trabajo de investigación desarrollado en cada uno de los componentes, se generó el proyecto conceptual (figura 5) que consiste en el tratamiento del agua residual de Valle de Chalco y de Tláhuac en las plantas de tratamiento (PTAR) marcadas 1 y 8. Toda el agua recibe tratamiento terciario que retiene los nutrientes (P y N). Una parte se va a riego (400 L/s) y otra (900 L/s) se trata hasta un nivel terciario, quitándole nutrientes y se envía al tratamiento con humedales (4, 4', 7, 9, 10) de donde fluye hacia el lago para reposar ahí por seis meses (11,12 y 13) en donde se verá expuesta a los efectos de la naturaleza como son la evaporación, condensación, luz solar, viento, flora y fauna. Después de este tiempo, se envía a la planta de potabilización (16). A este proceso se le denomina reuso potable indirecto.

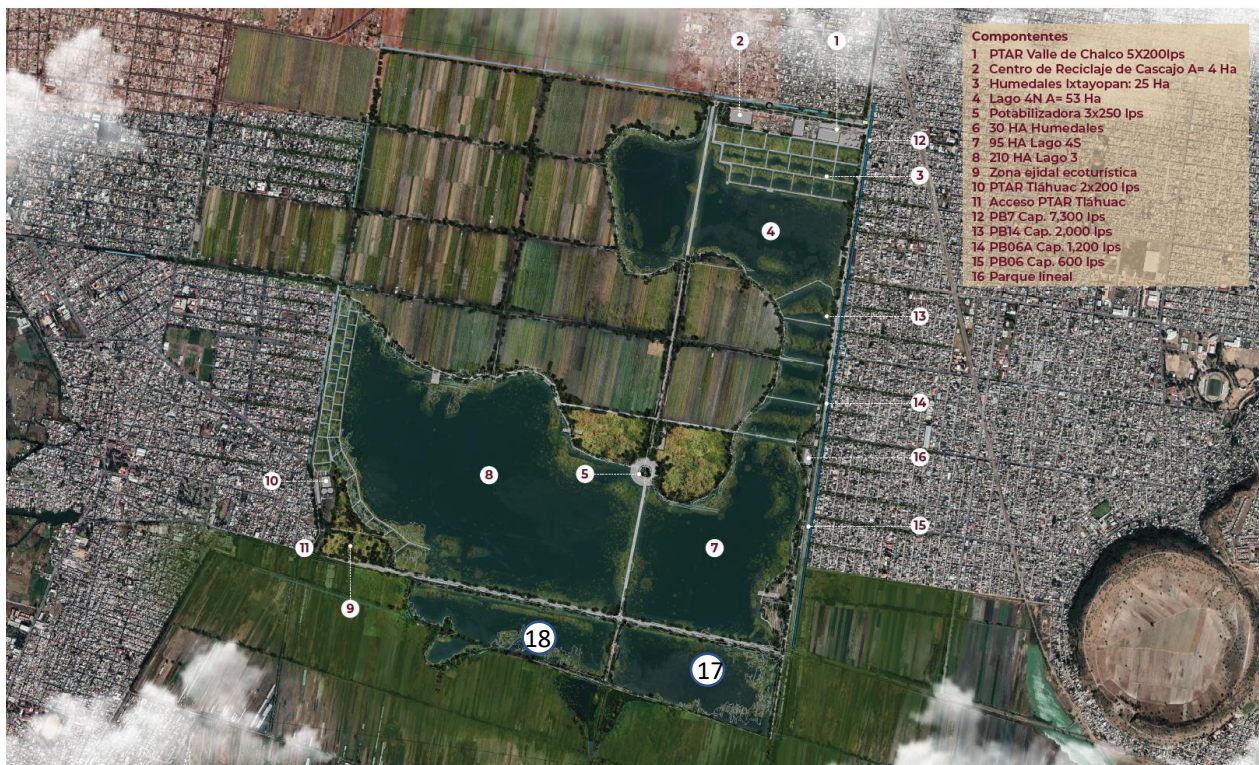


Figura 5. Lago Tláhuac Xico: Agua para siempre mediante reuso potable indirecto.  
17: CORENADR Restauración de cuerpo de agua 18. Humedal CORENADR

### Las acciones más relevantes son:

- Identificación de la estructura hídrica (plantas de bombeo (PB) y de aguas residuales (PTAR)) que deberán estar funcionando a junto con este



proyecto (figura 6) nos permitió identificar las fuentes que se usarán en el proyecto. La caracterización del agua del lago y de la residual (cuadro 4) nos permite ver que las calidades de agua son iguales en cuanto a materia orgánica, pero con más conductividad, una medida que indica la cantidad de sales, en el lago, debido a la evaporación.

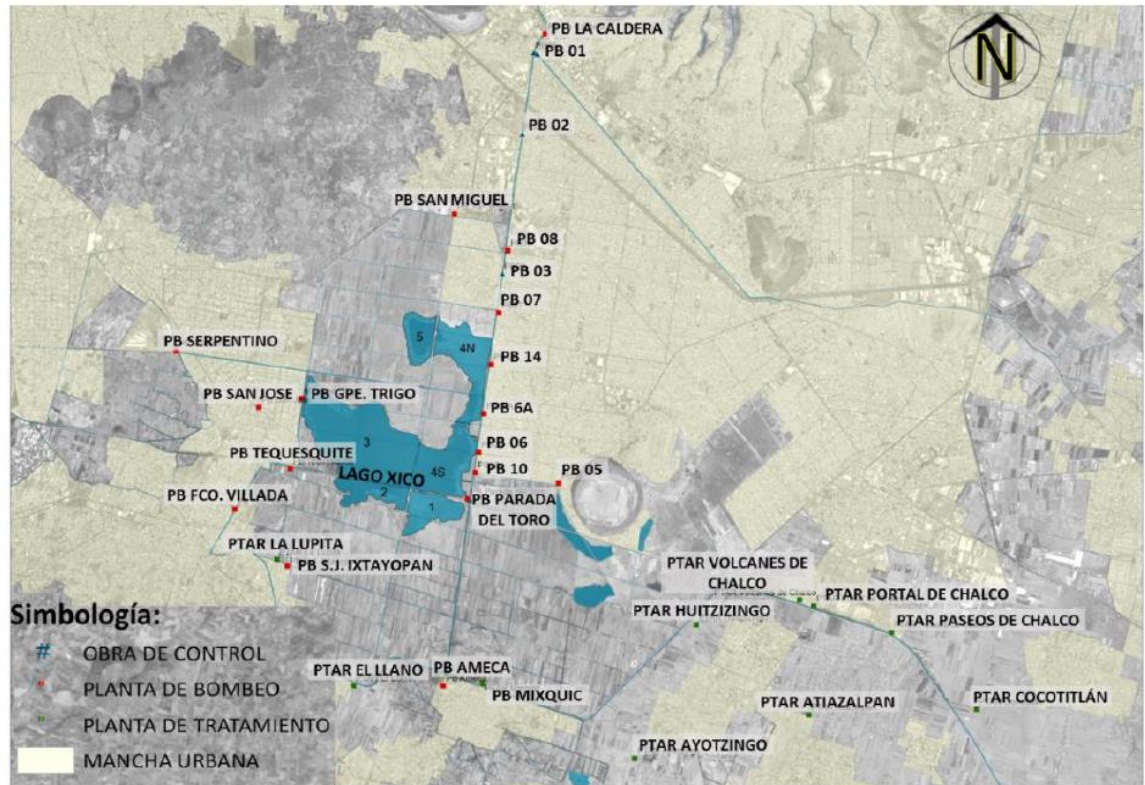


Figura 6 Esquema Infraestructura hidráulica alrededor del Lago Tláhuac - Xico

Cuadro 4 Caracterización de aguas residuales y del lago.

		Agua residual										Agua del Lago							
		L. 2 CNA Sitio 14	P. bombeo 7 Sitio 13	L. 4 CNA Sitio 11	PB La Caldera CNA Sitio 12	Canal Serpentino Sitio 6	Canal Serpentino Humedales Sitio 7	Promedio AR	Canal General Rio Ameca Sitio 10	Canal Serpentino Sitio 6	Zona 5 Centro Frente al Pozo 7 - Sitio 1	Zona 3 centro - Sitio 2	Zona 3 Prof - Sitio 3	Zona 4 al centro - Sitio 4	Zona 2 centro - Sitio 5	Zona 3 Descarga Canal Serpentino Sitio 8	Promedio Lago	Promedio Zona 3 2019	Promedio Zona 4 2019
64	Colif t	3.60E+07	5.00E+07	3.90E+07	6.60E+07	2.70E+06	>100E+03	<b>3.87E+07</b>	4.60E+07	2700000.00	1.60E+03	1.00E+01	1.00E+04	1.00E+01	1.00E+04	<1E+01	<b>4.54E+05</b>	9.25E+02	1.68E+03
65	Coli fec	5.70E+06	8.40E+06	7.90E+06	3.00E+07	1.60E+06	>100E+03	<b>1.07E+07</b>	8.30E+06	1600000.00	1.10E+03	1.00E+01	1.00E+04	1.00E+01	1.00E+04	1.00E+01	<b>2.32E+05</b>	9.51E+02	1.15E+03
66	DBO5 TOTAL	138.00	218.00	147.00	349.00	130.00	31.00	<b>168.83</b>	273.00	130.00	19.00	14.00	15.00	12.00	18.00	15.00	<b>31.86</b>	42.14	74.43
67	DBO5 SOLUBLE	63.00	111.00	73.00	164.00	93.00	15.00	<b>86.50</b>	148.00	93.00	5.00	3.00	6.00	4.00	3.00	6.00	<b>17.14</b>	5.24	8.71
68	DQO T	422.20	497.60	331.80	558.00	332.00	121.00	<b>377.10</b>	452.40	332.00	1689.00	286.00	392.00	407.00	226.00	362.00	<b>527.71</b>	737.26	3504.70
69	DQO s	279.00	316.70	301.60	392.10	67.90	85.50	<b>240.47</b>	301.60	67.90	286.00	196.00	166.00	113.00	173.00	284.00	<b>180.84</b>	233.34	481.07
70	Gya	26.10	22.53	18.12	32.40	6.48	7.70	<b>18.89</b>	12.23	6.48	8.21	6.98	5.58	<5	S/M	<5	<b>6.81</b>	6.88	15.96
71	SAAM	14.58	17.09	17.93	14.79	17.09	7.460	<b>14.82</b>	19.25	17.09	1.040	0.681	0.556	0.417	7.30	0.452	<b>3.93</b>	1.08	1.02
72	C	1623.00	1501.00	1600.00	1449.00	1760.00	1966.00	<b>1649.83</b>	1495.00	1760.00	2030.00	2507.00	2618.00	3739.00	2075.00	2524.00	<b>2582.17</b>	0.00	0.00
73	pH	7.30	7.20	7.20	6.80	7.10	7.50	<b>7.18</b>	7.10	7.10	9.40	8.90	8.80	9.20	8.30	8.90	<b>8.92</b>	0.00	0.00



- Se identificaron las fuentes agua residual que provendrán de las PB 7 y 14 de Valle de Chalco para dar un total de 800 Lps y de 300 Lps de Tláhuac y 100 Lps de Liconsa (figura 7).



Figura 7 Fuentes de agua residual alrededor del Lago Tláhuac-Xico.

- Dos plantas de tratamiento secundario y avanzado de aguas residuales (PTAR); una con una capacidad de 800 Lps en el este (Valle de Chalco) y otra de 400 Lps en el oeste (Tláhuac) en módulos de 230 Lps que producirán agua potable y agua de riego (figura 8).

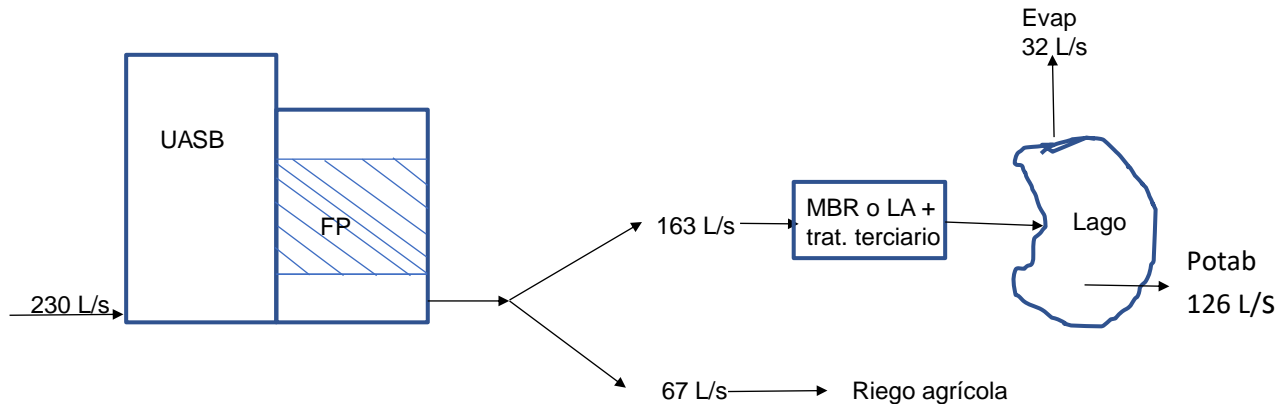


Figura 8 Módulo de 230 Lps para producir agua de nivel secundario y avanzado.

- Construcción de 136 ha de humedales artificiales que dejarán un agua con bajo nivel de nutrientes y materia orgánica (figura 5).
- Instalación de paredes móviles en el lago que le darán dirección al flujo de agua para exponerla lo más posible a la luz solar para permitir la oxidación de la materia orgánica residual (figura 5).
- Construcción de Planta potabilizadora de 750 Lps que recogerá el agua recuperada del Lago (figura 9)

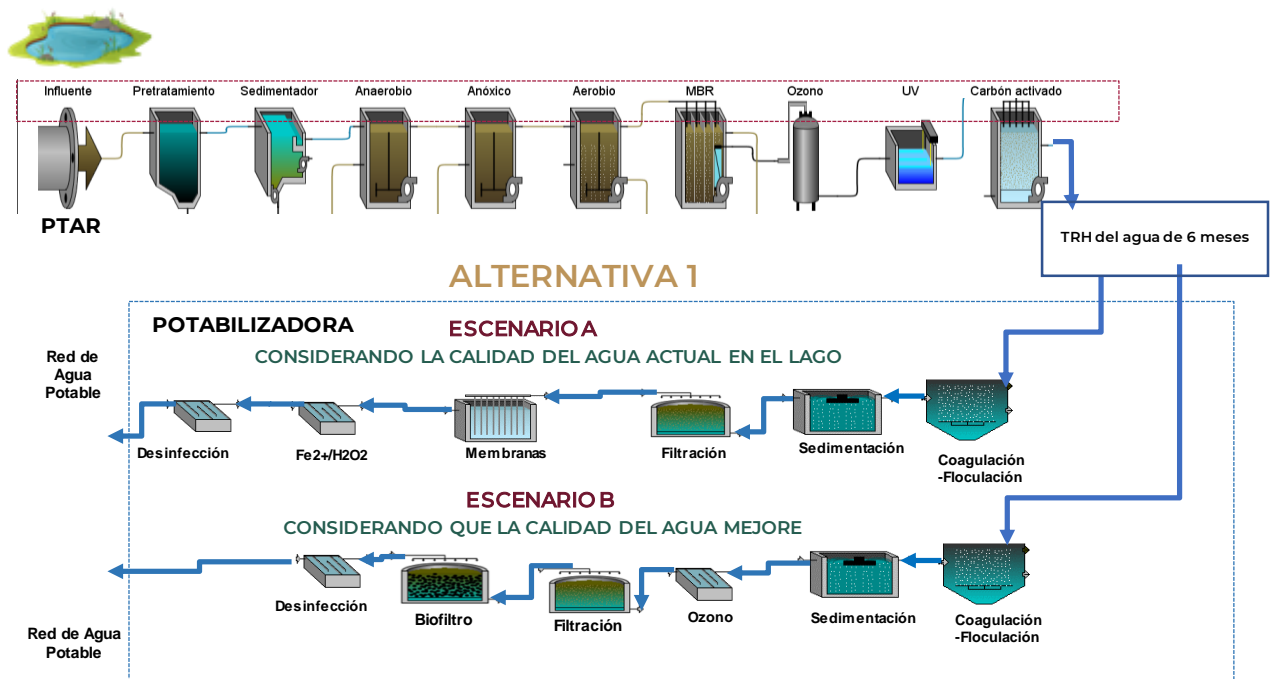


Figura 9. Plantas de tratamiento secundario, avanzado y, después del Lago, la potabilizadora procesos conceptuales.

- Dado que el volumen del lago es de alrededor de 3.5 hm<sup>3</sup> es necesario aumentar su capacidad hasta 12 hm<sup>3</sup> basados en las secciones 3 y 4 en donde hay material de fácil remoción, existe accesibilidad para el movimiento de maquinaria y construcción de puentes temporales para cruzar los canales (figura10).
- Los estudios indican que el dragado marino del lago Tláhuac Xico, con una profundidad promedio de 1.5 m y la construcción de bordos

perimetrales con una altura de 2.0 m es ambiental y económicamente la mejor opción (figura 11).

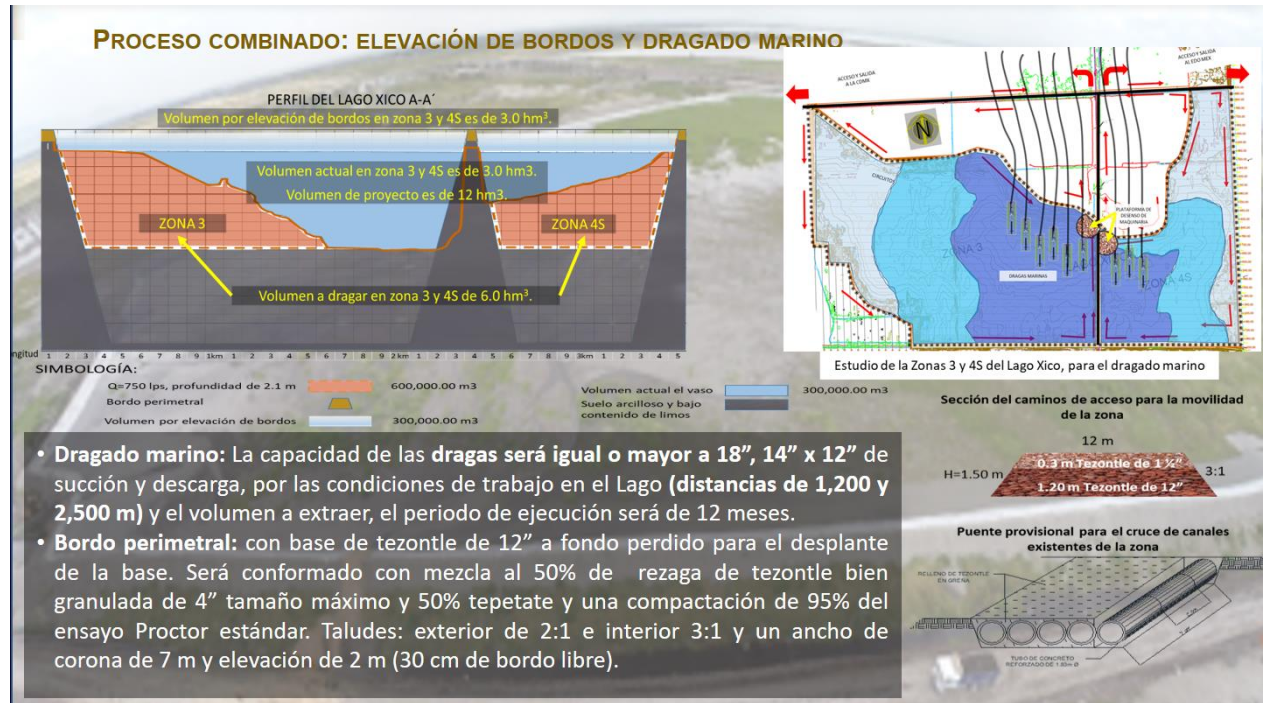


Figura 10. Procesos de profundización del lago.

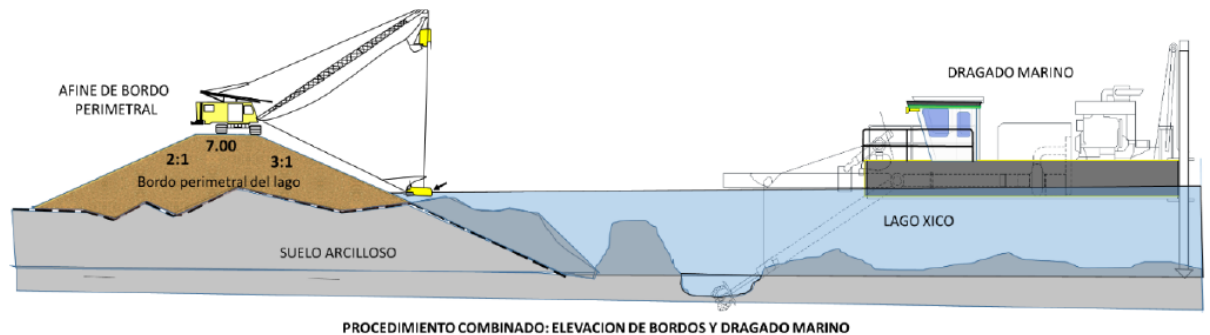


Figura 11 Procedimiento combinado: elevación de bordos y dragado marino

- Infraestructura de distribución de agua potable para la región (figura 12). El agua potable se distribuirá mediante la construcción de tubería de distribución y un tanque en Tláhuac a cargo del Sistema de Aguas de la Ciudad de México y aprovechando el Tanque Xico de CAEM, dando preferencia a los habitantes de la región del Lago.





de variables e indicadores para medir y evaluar la eficacia de las intervenciones y la evolución del proyecto (figura 15).

El reto es lograr un proyecto (figura 16) que entre en funcionamiento antes del 31 diciembre 2023 con un presupuesto alrededor de \$4 mil millones de pesos (cuadro 5) a ejercerse de aquí a diciembre de 2024.



Figura 13 Red de riego que integrará la actual red rehabilitada y la nueva red para mantener irrigada toda la región de 3000 ha.





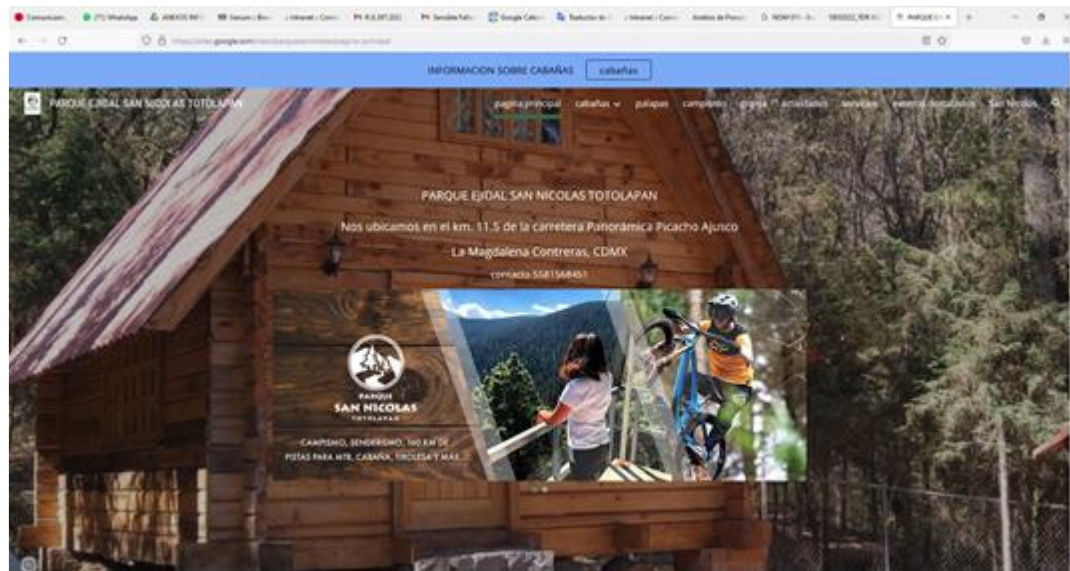


Figura 14. Página principal del ejido de San Nicolás Totolapan



Figura 15. Restauración ecológica en el Lago Tláhuac-Xico y su zona de influencia









Figura 1. Cuenca de México con los valles que la componen.

En el Valle de México existían cinco lagos antes de la llegada de los españoles, Lago de Zumpango, Lago de Xaltopan, Lago de Texcoco, Lago de Xochimilco y Lago de Chalco, como se puede apreciar en la figura 2. Estos cuerpos de agua eran alimentados por los escurrimientos y filtraciones provenientes de las sierras aledañas. Durante la Colonia la cuenca fue abierta artificialmente mediante la construcción de un desagüe con objeto de desecar los lagos.

El Lago de Chalco, era un cuerpo de agua dulce ubicado al extremo sur de la zona lacustre del Valle de México que se alimentaba con los escurrimientos de la Sierra Nevada. Una de sus características era que rodeaba en su totalidad al Cerro de Xico, que es un cráter volcánico extinto hoy usado en la agricultura.

### Secado del Lago de Chalco

El 25 de junio de 1856 se expide la Ley de Desamortización de las Fincas Rústicas y Urbanas de las Corporaciones Civiles y Religiosas de México (Ley Lerdo) donde se permitía que la propiedad abandonada y lotes baldíos pasaran a ser propiedad de quienes los convirtieran en terrenos productivos.



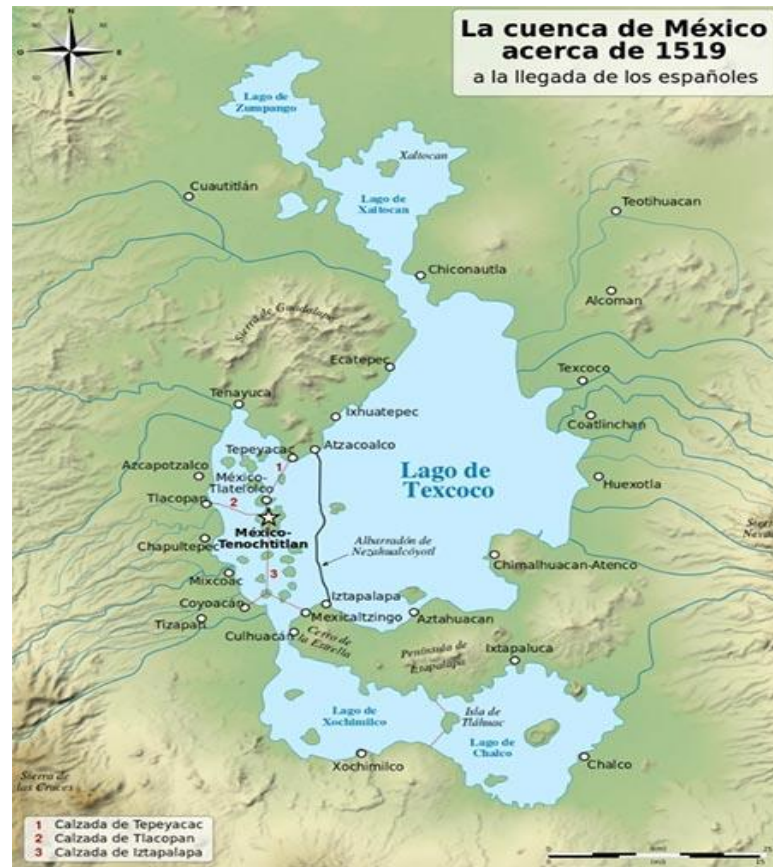


Figura 2. Los cinco lagos de la Cuenca de México

El 23 de octubre de 1895, se publica en el Diario Oficial el decreto que permite desecar el lago de Chalco. Amparado en ambos, ley y decreto, el español Iñigo Noriega deseca el Lago de Chalco, para conseguir 7,700 hectáreas para superficie de cultivo. Para desecarlo primero se realizó el levantamiento topográfico y puesto que el nivel de las aguas del lago estaba metros arriba del nivel de Lago de Texcoco, se construyó el Canal de La Compañía para verter las aguas del Lago de Chalco al Lago de Texcoco. Sin embargo, sobrevive una pequeña laguna junto al volcán a la que los colindantes y ribereños conocen como “Laguna de Xico” (figura 3).





Figura 3. Cerro de Xico rodeado por la Laguna de Xico y por la ciudad de Valle de Chalco que se fundó en 1994, en lo que fue el Lago de Chalco.

En los terrenos desecados del Lago de Chalco, Iñigo Noriega construye la Hacienda de Xico y posteriormente la consolidación del latifundio de la Negociación Agrícola de Xico de 9,822 ha.

### **Dotación a los ejidos en 1922-23.**

Posteriormente, al triunfo de la Revolución Mexicana a partir de 1922 se decreta el reparto de los latifundios a los pueblos que los trabajaran con los que las tierras del Lago desecado se repartieron a los pueblos de Tláhuac, Tulyehualco, Mixquic, Tlaltenco, Ixtayopan, Tetelco y Tecómitl.

### **Declaratoria de aguas de propiedad nacional del Valle de México.**

También, mediante Decreto de fecha 5 de abril de 1922, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 19 de mayo de 1922, la entonces Secretaría de Agricultura y Fomento declara que las aguas y cauces de los canales, barrancos, arroyos, ríos, lagos y lagunas comprendidos dentro del Valle de México y ligados con las obras de desagüe son de propiedad nacional. Se señala en el cuerpo del Decreto que del estudio hecho por la Secretaría de Agricultura y Fomento sobre las condiciones hidrográficas que caracterizan a las corrientes de agua situadas dentro de la zona que comprende el Valle de México, que reúnen los requisitos necesarios para ser consideradas de propiedad nacional.

### **El regreso del Lago**

A partir de 1983 empezaron a verse los primeros brotes de agua del Lago con un crecimiento persistente hasta alcanzar 560 ha de superficie cubierta de agua, afectando a los ejidos de Tláhuac, Tecómitl, Ixtayopan y Tetelco pues vieron su



actividad agrícola limitada por mas de 30 años, en los que fue cambiando el nombre del Lago al de Lago Tláhuac-Xico por estar en tierras del Ejido de Tláhuac y para diferenciarlo de la citada Laguna de Xico.

### **Declaración del proyecto**

En virtud de esto se considera que los terrenos nacionales desincorporados del régimen de dominio público por el Acuerdos publicado el 30 de agosto de 1923 y con los cuales fueron dotados los pueblos de Tláhuac y Milpa Alta, son dotaciones válidas y la situación jurídica de tierras ejidales debe mantenerse y respetarse por lo que no se considera necesario realizar la expropiación de las tierras ejidales ubicadas en el Lago de Xico –Tláhuac, aunque estas se encuentren inundadas, pues el proyecto va encaminado a que sean los ejidos quienes se vean beneficiados por este. Se considera también que para dar seguridad jurídica a la realización del proyecto se necesita llegar a acuerdos de ocupación temporal avalados por las Asambleas Ejidales que permitan el trabajo conjunto entre ejidos y autoridades.

