



**ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DEL PROYECTO  
ADECUACIÓN DE LA PRESA EL ZAPOTILLO Y  
CONSTRUCCIÓN DE ACUEDUCTOS: ZAPOTILLO  
- EL SALTO Y EL SALTO - LA RED - CALDERON,  
PARA EL ABASTECIMIENTO INTEGRAL DE  
AGUA EN BLOQUE AL ÁREA METROPOLITANA  
DE GUADALAJARA, JALISCO.**

MARZO 2022



Jalisco

# ÍNDICE

I. RESUMEN EJECUTIVO .....	2
II. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	15
II.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	15
II.2 ANÁLISIS DE LA OFERTA EXISTENTE .....	20
II.2.1. ANTECEDENTES DE LA OFERTA .....	20
II.2.2. FUENTES SUBTERRÁNEAS .....	22
II.2.2.1. MUNICIPIOS SIAPA .....	31
II.2.2.2. JUANACATLÁN .....	36
II.2.2.3. EL SALTO .....	38
II.2.2.4. TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA .....	42
II.2.2.5. IXTLAHUACÁN DE LOS MEMBRILLOS .....	47
II.2.2.6. CALIDAD DEL AGUA DE LAS FUENTES SUBTERRÁNEAS .....	51
II.2.3 FUENTES SUPERFICIALES .....	55
II.2.3.1 LAGO DE CHAPALA .....	55
II.2.3.2 PRESA ELÍAS GONZÁLEZ CHÁVEZ (PRESA CALDERÓN) .....	64
II.2.4 OFERTA SUSTENTABLE .....	71
II.2.5 PROYECCIÓN DE LA OFERTA ACTUAL .....	76
II.3 ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL .....	80
II.3.1 POBLACIÓN .....	81
II.3.2 CONSUMOS .....	87
II.3.2.1 USUARIOS NO DOMÉSTICOS .....	89
II.3.2.2 AGUA NO CONTABILIZADA Y PÉRDIDAS FÍSICAS .....	93
II.3.2.3 CÁLCULO DE LA DEMANDA ACTUAL .....	93
II.3.2.4 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA ACTUAL .....	94
II.4 INTERACCIÓN DE LA OFERTA-DEMANDA .....	95
III. SITUACIÓN SIN EL PPI .....	98
III.1 OPTIMIZACIONES .....	98
III.2. PROYECCIÓN DE LA OFERTA DE LA SITUACIÓN SIN PROYECTO .....	101
III.3 ANÁLISIS DE LA DEMANDA .....	103
III.4 DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA .....	104
IV. SITUACIÓN CON EL PPI .....	123
IV.1 DESCRIPCIÓN GENERAL .....	123
IV.2 ALINEACIÓN ESTRATÉGICA .....	133
IV.3 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA .....	141
IV.4 CALENDARIO DE ACTIVIDADES .....	142
IV.5 MONTO TOTAL DE INVERSIÓN .....	143
IV.6 FUENTES DE FINANCIAMIENTO .....	143
IV.7 CAPACIDAD INSTALADA .....	143
IV.8 METAS ANUALES Y TOTALES DE PRODUCCIÓN .....	144
IV.9 VIDA ÚTIL .....	145
IV.10 DESCRIPCIÓN DE LOS ASPECTOS MÁS RELEVANTES .....	145
IV.11 ANÁLISIS DE LA OFERTA .....	145
IV.12 ANÁLISIS DE LA DEMANDA .....	147
IV.13 INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA .....	148
V. EVALUACIÓN DEL PPI .....	151
V.1 IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE COSTOS DEL PPI .....	151
V.1.1 COSTOS DE INVERSIÓN .....	151
V.1.2 COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	153
V.2 IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS DEL PPI .....	154
V.2.1 FUNCIÓN DE DEMANDA .....	154
V.2.2 BENEFICIOS POR MAYOR CONSUMO .....	157

V.2.3 BENEFICIOS POR LIBERACIÓN DE RECURSOS.....	166
V.3 CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD. ....	169
V.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	173
V.5 ANÁLISIS DE RIESGOS.....	179
VI.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	180
VII.BIBLIOGRAFÍA.....	183

## PROMOVENTE

**GOBIERNO DEL ESTADO DE JALISCO**

**COMISIÓN ESTATAL DEL AGUA DE JALISCO**

*Domicilio:*

Calle Francia 1726, Col. Moderna,

Guadalajara, Jal CP. 44190 , Tel. (33) 3030 9200

## OBJETIVO DEL ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

Determinar la conveniencia del proyecto *“Adecuación de la presa El Zapotillo y construcción de acueductos: Zapotillo - El Salto y El Salto - La Red - Calderon, para el abastecimiento integral de agua en bloque al Área Metropolitana de Guadalajara, Jalisco.”* mediante la valoración en términos monetarios de los costos y beneficios asociados al proyecto de inversión.

## TIPO DE PROYECTO DE INVERSIÓN

PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA ECONÓMICA

---

## ANTECEDENTES

El proyecto Construcción del Proyecto de Abastecimiento de agua potable Zapotillo para la ciudad de León, Guanajuato, cuenta con clave de cartera 0616B000034. El gobierno Federal a través de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) ha propuesto reconfigurar el proyecto por lo que se tiene previsto que el agua en bloque aportada pueda aprovecharse en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG). A partir de la información publicada en el portal de la Cartera de Programas y Proyectos de Inversión de la SHCP y una vez validada la información con la CONAGUA, se tienen erogaciones de 2006 a 2021 por \$8,457,102,140.00 (ocho mil cuatrocientos cincuenta y siete millones ciento dos mil ciento cuarenta pesos 00/100 MN) de recursos presupuestarios (fiscales) y no presupuestarios (estatales). Esta cantidad solo contempla los componentes de inversiones que contribuyen la entrega de agua en bloque para el AMG.

Desde el punto de vista metodológico, los costos ya erogados se definen como *costos hundidos*, ya que son costos no recuperables independientemente de la ejecución de este proyecto. Sin embargo, para la presente evaluación, se trabajó con dos escenarios: el primero, considerando únicamente los costos y beneficios derivados de la ejecución y puesta en marcha de la obra propuesta por la CEA-CONAGUA, la cual se integra por las acciones de adecuación de la presa y la construcción de la línea de conducción y bombeo desde Zapotillo hacia las presas El Salto, La Red y Calderón. En tanto el segundo escenario considera en el flujo de evaluación el monto señalado previamente correspondiente al periodo 2006-2021, además de la inversión a ejecutar en 2022.

## I. RESUMEN EJECUTIVO

### Problemática, objetivo y descripción del PPI

#### Objetivo del PPI

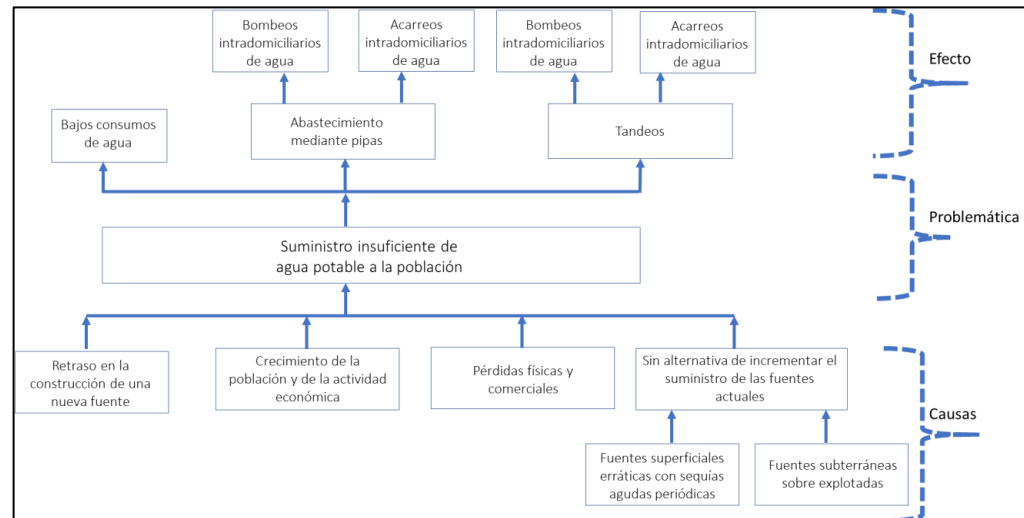
El crecimiento poblacional y económico del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) ha derivado en un incremento en el déficit existente de provisión de agua potable para la zona. Las fuentes de abastecimiento existentes tienen una capacidad limitada que ha sido rebasada desde hace años, lo que ha llevado a una mayor escasez en la entrega del líquido, lo que aunado a periodos de estiaje más severos, ha provocado que se incorporen racionamientos administrativos del servicios (tandeos). Para dar respuesta a esta problemática, la Comisión Estatal del Agua de Jalisco (CEA) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) han propuesto el proyecto *Adecuación de la presa El Zapotillo y construcción de acueductos: Zapotillo - El Salto y El Salto - La Red - Calderon, para el abastecimiento integral de agua en bloque al Área Metropolitana de Guadalajara, Jalisco*, el cual busca aprovechar aportes de la presa Zapotillo para destinarlos al AMG.

La propuesta de proyecto consiste en realizar adecuaciones a la Presa Zapotillo para que puedan enviarse 2.0 m<sup>3</sup>/s en promedio anual a través de una línea de conducción hacia la presa El Salto. A partir de ese sitio, se construirá un acueducto hacia la presa La Red que permitirá conducir el gasto del proyecto estimado en 3.0 m<sup>3</sup>/s promedio anual.

#### Problemática Identificada

Los acuíferos de los cuales se extrae el agua para el AMG son: Atemajac, Toluquilla y Cajititlán, los cuales presentan un esquema muy fuerte de sobre explotación que provoca su abatimiento con una gran celeridad, que no es posible mantener en el futuro.

**Figura 1.1** Diagrama de causa-efecto relativo al suministro insuficiente de agua



Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA Jalisco.

De conformidad con el análisis realizado por la CEA, la problemática se define como “suministro insuficiente de agua potable a la población”. Las causas de ello son retraso en la construcción de una nueva fuente; crecimiento poblacional y de la actividad económica; pérdidas físicas y comerciales; así como lo errático que resulta la extracción de fuentes subterráneas y superficiales.

En la tabla 1.1 se observa la evolución de la disponibilidad de agua subterránea publicada en el Diario Oficial de la Federación a partir del año 2007, donde se puede observar el rápido incremento en el déficit de agua que obliga a tomar acciones de mitigación y control.

**Cuadro 1.1** Recarga y balance de los acuíferos el AMG (millones de metros cúbicos anuales)

	Acuífero							
Publicación en el DOF	Atemajac		Toluquilla		Cajititlán		BALANCE TOTAL	
	Recarga	Balance	Recarga	Balance	Recarga	Balance		
	2020	147.3	-12.038310	49.1	-75.653523	47.6	-16.21785	-103.909683
	2018	147.3	-11.508840	49.1	-73.095837	47.5	-18.144598	-102.749275
	2015	147.3	-11.091327	49.1	-72.318105	47.5	-15.263569	-98.673001
	2013	147.3	-12.393151	49.1	-72.430365	47.5	-16.334969	-101.158485
	2009	147.3	-5.449903			47.5	-1.090467	-6.540370
	2007	147.3	-1.413137			41.0	+10.784124	+ 9.370987

Nota: Un valor negativo en la columna de balance representa un déficit debido a que la recarga fue menor a la extracción. Un valor positivo representa un superávit.

**Fuente:** Elaboración propia con información del Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican, publicado por la CONAGUA en el Diario Oficial de la Federación en los años 2007, 2009, 2013, 2015, 2018, 2020.

Como se puede observar a la fecha de la publicación, en 2020 se tiene un déficit acumulado en los tres acuíferos de 103.91 hm<sup>3</sup> anuales, equivalente a un caudal promedio anual de 3.3 m<sup>3</sup>/s, que debería sustentarse con fuentes alternas.

Los volúmenes concesionados por la CONAGUA para uso público urbano se tienen registrados en su gran mayoría al SIAPA y a los Municipios del AMG totalizando un volumen de 140,532,885 millones de metros cúbicos anuales.

**Cuadro 1.2** Volumen Concesionado (M<sup>3</sup>/año)

Titular	Acuífero Atemajac	Acuífero Toluquilla	Acuífero Cajititlán
SIAPA	64,381,385	30,226,619	0
Municipios	2,634,349	10,970,934	11,338,492
Otros	8,788,924	6,668,372	5,523,810

Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA.

El gasto total para uso público urbano que representan 4.456 m<sup>3</sup>/s de agua concesionada no corresponde al agua explotada en su totalidad, para fines de establecer el caudal de aprovechamiento de agua, se utilizan los reportes de los Organismos Operadores sobre el caudal explotado en los mismos.

- SIAPA. - De acuerdo con los registros proporcionados por el SIAPA, en la actualidad se cuenta con un total de 169 pozos distribuidos en los cuatro municipios de servicio del SIAPA, aprovechando un caudal de 2.70 m<sup>3</sup>/s para el último año.
- Tlajomulco de Zúñiga. - Tiene 61 pozos en operación con un caudal producido de 0.423 m<sup>3</sup>/s.
- El Salto. - Cuenta con 9 pozos y se estima un aprovechamiento de 0.053 m<sup>3</sup>/s.
- Juanacatlán. - Cuenta con 12 pozos y se estima un aprovechamiento de 0.074 m<sup>3</sup>/s.
- Ixtlahuacán de los Membrillos. - Tiene registrados 33 pozos profundos con un caudal aprovechado de 0.100 m<sup>3</sup>/s.

- Servicio doméstico en desarrollos habitacionales en los cuatro municipios antes mencionados **0.141 m³/s.**
- Otros usuarios autoabastecidos en toda el AMG **0.665 m³/s.**
- Totalizando **4.15 m³/s**

Por otra parte, el Lago de Chapala y la Presa Elías González Chávez son las fuentes superficiales más importantes ya que los manantiales tienden a desaparecer.

Desde 1956, la principal fuente de abastecimiento de agua en bloque para Guadalajara es el Lago de Chapala, mismo que durante los últimos años ha presentado una tendencia decreciente en sus niveles de almacenamiento, desde el año de 1978 no ha superado la cota 97 manteniéndose por más años por debajo de la cota 94.

**Cuadro 1.3** Volumen extraído del Lago de Chapala (m³/s)

Año	m³/s
2001	5.22
2002	5.20
2003	4.93
2004	4.96
2005	5.38
2006	5.18
2007	5.19
2008	5.49
2009	5.63
2010	5.68
2011	5.71
2012	5.72
2013	6.40
2014	6.54
2015	6.53
2016	6.35
2017	6.49
2018	6.47



2019	6.50
2020	6.95
2021	6.91
Promedio	5.88

Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA y CEA Jalisco.

La segunda fuente superficial más importante es la presa Elías González Chávez (EGC), también conocida como Presa Calderón por estar asentada sobre el cauce del río Calderón.

**Cuadro 1.4** Volumen extraído de la Presa Elías González Chávez (m³/s)

Año	m³/s
2001	0.32
2002	0.22
2003	0.90
2004	1.23
2005	1.18
2006	1.21
2007	1.08
2008	1.07
2009	1.01
2010	0.94
2011	1.05
2012	0.84
2013	0.36
2014	0.80
2015	0.88
2016	1.06
2017	1.16
2018	1.16
2019	1.31
2020	1.34

2021	0.45
Promedio	0.93

Fuente: Elaboración propia a partir de información de SIAPA.

El agua aprovechada de la presa Elías González Chávez ha sido en promedio 0.93 m<sup>3</sup>/s cuando el sistema fue diseñado para aprovechar un caudal de 1.5 m<sup>3</sup>/s, lo que muestra lo errático de esta cuenca. Cabe mencionar que el agua llega por gravedad a la planta potabilizadora de San Gaspar en el municipio de Tonalá por lo que se convierte en el agua más barata en el sistema de distribución.

Conforme a los datos anteriores, la producción total de agua en la actualidad, se estima en promedio en 11.02 m<sup>3</sup>/s para el AMG.

Con base en el análisis de la demanda de agua se determinó un consumo promedio per cápita de 174.4 litros por habitante al día (l/h/d) promedio para determinar el gasto requerido en base a la proyección de población para el AMG a lo que se sumó el consumo estimado para tomas no domésticas.

**Cuadro 1.5** Proyección de población y demanda para el AMG

Año	Población	Demanda total (m <sup>3</sup> /s)
2020	5,178,586	11.5
2021	5,228,535	11.6
2025	5,411,842	12.0
2030	5,605,983	12.4
2035	5,762,750	12.8
2040	5,881,584	13.1
2045	5,960,352	13.3
2052	6,007,010	13.8

Nota: La estimación de demanda contempla los usuarios no domésticos (comerciales, industriales y tomas públicas).

Fuente: Elaboración con cálculos propios a partir de información de INEGI, CONAPO y SIAPA.

A los valores de producción se deberá restar el componente de pérdidas físicas por lo que se tiene un déficit al comparar la oferta disponible y la demanda, en un marco de fuentes de abastecimiento que no presentan sustentabilidad de largo plazo, lo que deriva en una

problemática futura complicada para atender las necesidades propias de desarrollo de esta zona geográfica del país.

#### Breve descripción del PPI

La propuesta de proyecto se considera para el aprovechamiento de los escurrimientos en la presa Zapotillo. Para ello se contempla una modificación para la operación de la presa que consiste en construir seis ventanas vertedoras con dimensiones de 12 metros de ancho y 9 metros de altura, en la elevación 1,590 msnm. Esto permite desalojar el caudal asociado a un periodo de retorno de 10,000 años, sin inundar las comunidades de Palmarejo, Acasico y Temacapulín, para así entregar 2.0 m<sup>3</sup>/s de agua potable a Guadalajara. De la presa Zapotillo se construirá una línea de conducción para llevar el agua en bloque hacia la presa El Salto.

De la presa El Salto se construirá un acueducto que permitirá conducir 3.0 m<sup>3</sup>/s promedio anual del proyecto. La línea de conducción tiene una capacidad de 3.0 m<sup>3</sup>/s. El punto inicial es la Presa El Salto, dicha red trabajará por bombeo una longitud de 6.87 km y un desnivel topográfico de 236.40 m, de acuerdo al cálculo hidráulico correspondiente donde se seleccionó el tipo tubería y diámetro económico, se utilizará un diámetro de 56" Ø. Asimismo, se diseñó una estructura de cambio de régimen, y una línea de conducción a gravedad con una longitud de 31.80 km y un desnivel topográfico de 275.20 m con diámetros descendentes 48"- 40" Ø para optimizar las condiciones de operación.

Adicionalmente contará con elementos de control hidráulico como válvulas chorro divergente, de seccionamiento, desfogueos y de admisión-expulsión y eliminación de aire.

En el punto de descarga en el Arroyo Calderón se pretende realizar la rectificación del canal existente para finalmente entregar el caudal disponible a través del cauce actual en un tramo de aproximadamente 2.5 km.

El proyecto contempla la inversión en equipos de bombeo, subestaciones eléctricas y los costos asociados a la operación y mantenimiento.

**Figura 1.1** Descripción del proyecto



Fuente: CEA Jalisco.

Este conjunto de obras permitirá abastecer de agua al AMG con  $3.0 \text{ m}^3/\text{s}$  adicionales a la producción existente (promedio anual), permitiendo que el balance oferta-demanda sea como se muestra en la gráfica 1.1.

**Gráfica 1.1** Proyección oferta-demanda con el proyecto ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).



Fuente: Elaboración propia.

	<p>Con base en información paramétrica de proyectos de infraestructura y el monto de inversión previsto en estos componentes a futuro, se estima que el proyecto genere:</p> <p>6,395 empleos directos</p> <p>3,198 empleos indirectos</p>
--	--

Horizonte de evaluación, costos y beneficios del PPI			
Objetivo del estudio	El objetivo del estudio es determinar la rentabilidad socioeconómica de llevar a cabo el proyecto <i>Adecuación de la presa El Zapotillo y construcción de acueductos: Zapotillo - El Salto y El Salto - La Red - Calderon, para el abastecimiento integral de agua en bloque al Área Metropolitana de Guadalajara, Jalisco</i> y puesta en operación del mismo.		
Horizonte de Evaluación	El horizonte de evaluación comprende 30 años, considerando el año 2022 como periodo cero. El periodo de inversión se consideró en 10 meses. La operación del proyecto inicia en 2023 y hasta el año 2052.		
Descripción de los principales costos del PPI	Los principales componentes de inversión del proyecto se presentan en el siguiente cuadro, ascendiendo a \$6,823,030,667.90 (seis mil ochocientos veintitrés millones treinta mil seiscientos sesenta y siete pesos 90/100 M.N.), IVA incluido (pesos 2022).		
	Cuadro 1.6 Monto de inversión por componentes (pesos 2022)		
		MONTO CON IVA Pesos 2022	MONTO SIN IVA Pesos 2022
	Adecuaciones a la Presa	\$960,590,161.60	\$828,094,966.90
	Subestaciones eléctricas	\$116,036,032.00	\$100,031,062.07
	Línea de conducción Zapotillo-El Salto	\$3,027,600,000.00	\$2,610,000,000.00
	Línea de conducción El Salto-Calderón	\$2,292,804,474.30	\$1,976,555,581.29
	Ampliación de potabilizadoras	\$426,000,000.00	\$367,241,379.31
Total	\$6,823,030,667.90	\$5,881,922,989.57	

Fuente: Elaboración a partir de información de la CEA Jalisco.

Por otra parte, los costos de mantenimiento y operación se calcularon para cada componente. El total asciende a \$387,374,087.89 (trescientos ochenta y siete millones trescientos setenta y cuatro mil ochenta y siete pesos 89/100 MN) incluyendo IVA (pesos 2022).

**Cuadro 1.7** Costos anuales de operación y mantenimiento del proyecto (pesos 2022)

Concepto	
Costo bombeo	\$240,145,790.75
Planta de bombeo	\$6,227,165.41
Mantenimiento de la línea de impulsión y tanque de cambio de régimen	\$799,372.98
Mantenimiento de la línea a gravedad	\$575,615.00
Potabilización	\$86,195,235.08
Total sin IVA	\$333,943,179.21
Total con IVA	\$387,374,087.89

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA Jalisco.

Descripción de los principales beneficios del PPI

El análisis de la problemática permitió identificar dos beneficios:

- (1) Aumento en el consumo de agua potable;
- (2) Liberación de recursos por sustitución de agua en pipa.

La estimación de beneficios se hizo únicamente para usuarios domésticos, por lo que se definió un escenario conservador para la evaluación. El valor actual del flujo de beneficios asciende a \$34,287,823,804 (valor actual al año 2022).

Monto total de inversión (con IVA)

El monto total de inversión previsto asciende a \$6,823,030,667.90 (seis mil ochocientos veintitrés millones treinta mil seiscientos sesenta y siete pesos 90/100 M.N.), IVA incluido expresado en pesos de 2022.

Para el escenario que contempla la inversión ya realizada durante el periodo 2006-2021 se sumó al flujo de evaluación un monto que asciende a \$8,457,102,140.00 (ocho mil cuatrocientos cincuenta y siete millones ciento dos mil ciento cuarenta pesos 00/100 MN).

Riesgos asociados al PPI	A partir del análisis de los posibles riesgos del proyecto, se identificaron los siguientes.		
	<b>Cuadro 1.8</b> Identificación de riesgos y medidas de mitigación		
	Riesgos Estándares	Clasificación	Medida de mitigación
	1 Riesgo de adquisición de terrenos	Medio	Formalizar contrato de compra-venta. Convenios de ocupación previa. No iniciar el proyecto hasta tener el terreno.
	2 Riesgo de demora en la aprobación de la adjudicación del contrato	Medio	Garantía de seriedad.
	3 Riesgo en la participación de los concursantes	Medio	Documentos de licitación adecuados. Promoción.
	4 Riesgo en la información para participantes	Medio	Integración de un apéndice técnico lo más completo. Bases claras y concretas.
	5 Riesgo de diseño	Medio	Ingeniería completa, supervisión y GEP eficiente. Revisar bases. Supervisión eficiente. Revisión de oferta técnica exhaustivo. Tiempo suficiente para elaborar propuestas.
	6 Riesgo de sobrecostos en la construcción	Alto	Ingeniería completa, supervisión y GEP eficiente. Revisar bases. Supervisión eficiente. Revisión de oferta técnica exhaustivo. Tiempo suficiente para elaborar propuestas.
	7 Riesgos de atrasos en el desarrollo de la construcción de obras	Alto	Ingeniería completa, supervisión y GEP eficiente. Revisar bases. Supervisión eficiente. Revisión de oferta técnica exhaustivo. Tiempo suficiente para elaborar propuestas.
	8 Riesgo de discontinuidad del servicio	Medio	Supervisión en construcción. Redundancia de equipos bases.
	9 Riesgo Operativo	Bajo	Supervisión.
	10 Riesgo de discontinuidad del servicio	Medio	Seguros
	11 Riesgo en volumen de agua disponible	Alto	Contemplar infraestructura de almacenamiento complementaria.
	12 Riesgo en la disposición de lodos	Bajo	
	13 Riesgo ambiental	Medio	Supervisión. Sanciones en contrato. Vigilancia.
	14 Riesgo de catástrofes naturales	Alto	Bases. Seguros. Inspecciones construcción. Códigos de construcción.
	15 Riesgo tasa de interés	Medio	Coberturas.
	16 Riesgo tipo de cambio	Medio	Coberturas.
<b>Fuente:</b> Elaboración propia a partir de información de la CEA.			



Indicadores de Rentabilidad del PPI	
<u>Escenario 1</u>	<i>Programa de inversión por ejecutar 2022</i>
Valor Actual Neto Social (VANS)	<b>\$25,257,847,028 (pesos 2022)</b>
Tasa Interna de Retorno (TIR)	<b>49.57%</b>
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	<b>47.71%</b>
<u>Escenario 2</u>	<i>Programa de inversión 2006-2022</i>
Valor Actual Neto Social (VANS)	<b>\$1,526,391,540 (pesos 2022)</b>
Tasa Interna de Retorno (TIR)	<b>11.62%</b>
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	<b>11.63%</b>
Conclusión	
Conclusión del Análisis del PPI	<p>Los resultados obtenidos a partir de la estimación de flujos de beneficios y costos sociales del proyecto permiten concluir que la obra <i>Adecuación de la presa El Zapotillo y construcción de acueductos: Zapotillo - El Salto y El Salto - La Red - Calderon, para el abastecimiento integral de agua en bloque al Área Metropolitana de Guadalajara, Jalisco</i> es socialmente rentable, por lo que resulta conveniente para el país su ejecución.</p> <p>Los indicadores de rentabilidad obtenidos son positivos, tanto la TIR como la TRI tienen un valor superior a la tasa de descuento social (10%), por lo que cumplen con el criterio establecido para determinar la conveniencia del proyecto.</p> <p>En lo que corresponde al análisis de sensibilidad sobre las variables relevantes al proyecto, se observa que para que la rentabilidad fuera negativa tendría que aumentar la inversión en más de 429.4%; los costos de operación y mantenimiento tendría que elevarse en más de 802.3% o bien que la totalidad de los beneficios por mayor consumo fueran 98.3% inferiores a lo estimado. Estos valores pueden dar certidumbre sobre la rentabilidad del proyecto, al tiempo que los riesgos identificados se consideran mitigables y/o controlables.</p>



Por otra parte, el escenario considerando los costos ya desembolsados como parte de la evaluación arroja que para que no se cumpla el criterio de momento óptimo tendría que aumentar la inversión futura en más de 65.5%, los costos de operación y mantenimiento tendrían que elevarse en más de 111.0% o bien, que los beneficios por mayor consumo fueran inferiores en 16.7% .

## II. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### II.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El Área Metropolitana de Guadalajara (AMG)<sup>1</sup> es la región urbana resultante de la conurbación del municipio de Guadalajara con otros 7 municipios, con los que comparte un espacio geográfico cada vez más interrelacionado el cual suele denominarse ciudad de Guadalajara, conformando uno de los centros urbanos más importantes del país, tanto por el tamaño de su población superior a los 4 millones 900 mil habitantes, así como por el conjunto de actividades económicas, sociales y culturales que se desarrollan en la zona, ubicada, en el centro del Estado de Jalisco. Está conformada por los municipios de El Salto, Guadalajara, Ixtlahuacán de los Membrillos, Juanacatlán, Tlajomulco de Zúñiga, Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan. Sin embargo, no cuenta con fuentes de abastecimiento de agua que aseguren el crecimiento que la dinámica poblacional y económica requiere.

La población del Área Metropolitana de Guadalajara se estima que alcance los 6.0 millones de habitantes en el año 2052, lo que representa una demanda de 12.8 m<sup>3</sup>/s en dicho año, respecto de una demanda en 2021 de 11.0 m<sup>3</sup>/s.

Las fuentes actuales son subterráneas y superficiales, siendo que las subterráneas presentan un esquema muy fuerte de sobre explotación que provoca su abatimiento con una gran celeridad, mientras que las fuentes superficiales tienen un comportamiento que tiende a la baja y con un comportamiento errático.

En la actualidad la principal fuente de abasto de agua en bloque es el Lago de Chapala, mismo que durante los últimos años ha presentado una tendencia

---

<sup>1</sup> El término Zona Conurbada de Guadalajara (ZCG) fue modificado por el término Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) de conformidad con el Decreto 23021/LVIII/09 de fecha 26 de diciembre de 2009 y publicado en el Periódico Oficial del Estado de Jalisco. En el año 2015 mediante Decreto 25399 se agregó a la definición de AMG el municipio de Zapotlanejo, sin embargo, para efecto del presente estudio, no forma parte de los municipios que serán beneficiados con el proyecto por lo que a lo largo del documento, al referirse al AMG, no se incluye este último.

decreciente en sus niveles de almacenamiento, dicha agua es conducida a través del acueducto Chapala – Guadalajara, mismo que fue puesto en operación en el año 1991 y ha trabajado en forma ininterrumpida sin recibir el mantenimiento adecuado, disminuyendo notoriamente su eficiencia y capacidad de conducción que pone en riesgo de colapso al sistema de abastecimiento de agua potable en el AMG.

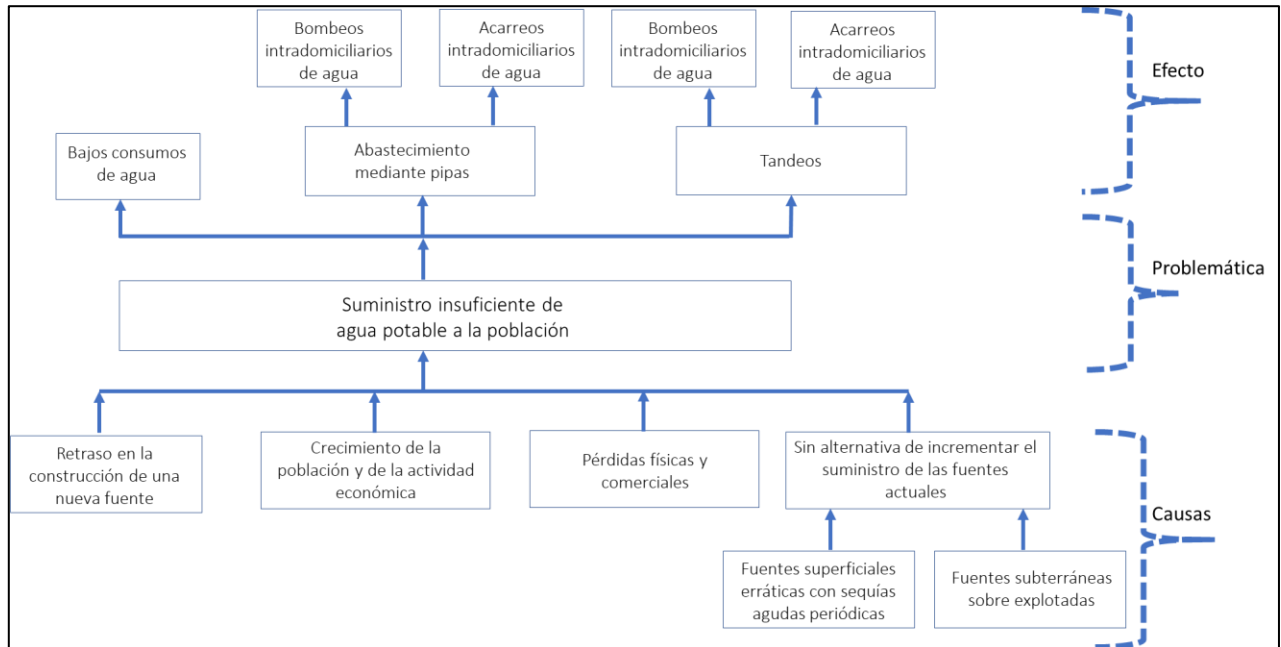
Por tal motivo, y ante el riesgo que representa que la principal fuente de abastecimiento de agua tenga una expectativa tal que lleve a imposibilitar la extracción de agua, es que las autoridades del estado en materia de agua, representadas por la Comisión Estatal del Agua de Jalisco (CEA), dependiente del Poder Ejecutivo Estatal, han efectuado el análisis de diversas alternativas que reduzcan la situación de vulnerabilidad existente y reducir el déficit existente en el abasto de agua potable en la zona.

Por ende, la problemática de suministro insuficiente para el AMG se puede plasmar en el siguiente diagrama<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Sistema Intermunicipal para los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado, (2018), *Diagnóstico Integral de Planeación*, México.

**Figura 2.1** Diagrama de causa-efecto relativo a suministro insuficiente de agua potable.



Fuente: Elaboración propia a partir de información del Diagnóstico Integral de Planeación 2018 del SIAPA.

Los factores se explican de la siguiente forma:

#### a) Causas

1.- El retraso en el aprovechamiento de la nueva fuente, ha estado asociado a un largo periodo de planeación y conciliación política y social para el desarrollo y construcción de las obras requeridas para su aprovechamiento como nueva fuente de abastecimiento de agua potable en el AMG, lo cual se ha llevado formalmente desde el año 2000 y se ha ido conciliando básicamente con la disponibilidad de recursos y adecuaciones realizadas.

2.- El crecimiento de la población y la actividad económica, tiene mucha referencia con ser la segunda orbe más grande del país junto con la Zona Metropolitana de Monterrey, que son de un tamaño muy similar, superiores a los 4 millones de habitantes, solo abajo del Valle de México, lo cual va evidentemente en forma

paralela con un crecimiento en la demanda de los servicios y de la actividad productiva.

3. El nivel de pérdidas físicas y comerciales reduce la capacidad de entregar el agua requerida a los usuarios. Se tienen esfuerzos en marcha para mejorar la eficiencia del organismo, pero ello solo ha permitido mantener dentro de cierto rango los caudales perdidos.

4.- El estar sin alternativa de incrementar el suministro de las fuentes actuales, se debe a dos factores principales:

4.1.- Las fuentes superficiales son erráticas y con sequías agudas periódicas. La presa Calderón y el Lago de Chapala ya no cuentan con disponibilidad para una mayor extracción. Cabe hacer hincapié en que cuando se tienen los periodos extremos de sequía, el suministro de agua potable sufre una crisis de gran magnitud y se dan acciones de emergencia y racionamientos de agua de importancia.

4.2.- Las condiciones adversas de sobre explotación de los acuíferos de donde se abastece el AMG impiden incrementar la producción de agua potable, condición que se ha venido agravando en el tiempo y que se vuelve una fuente no sustentable a este ritmo de extracción de agua. Esta misma sobre explotación provoca que se empiece a tener problemas de calidad de los pozos en diversos parámetros, como son arsénico, flúor, manganeso y dureza, lo cual tenderá a incrementarse tanto la concentración de los contaminantes como el volumen contaminado.

#### b) Efectos

1.- Bajo consumo de agua, ya que la demanda se sigue incrementando debido al crecimiento poblacional y de la actividad económica, sin embargo las fuentes no pueden aportar mayor caudal lo que lleva a un suministro insuficiente a la población y por consecuencia disminuye el consumo per cápita.

2.- El abastecimiento de agua en pipa. En este caso aún no es significativo este efecto, pero es una consecuencia de la disminución del consumo, ya que la gente tiende a complementar su suministro. Se tienen 2 efectos adicionales, ya que el agua de la pipa se abastece en pipas o en tambos, siendo lo siguiente:

2.1.- Bombeos intradomiciliarios de agua, existe un gasto de energía eléctrica ya que el agua en pipa se deposita en las cisternas de las viviendas ya que no llega en forma directa del sistema hacia los tinacos, por lo que hay que bombearla para su distribución en las viviendas.

2.2.- Acarreos intradomiciliarios de agua, cuando el agua de la pipa se deja en depósitos en la puerta de la vivienda, la gente consume tiempo en su acarreo hacia adentro de la casa, ya que no se cuenta con un sistema de bombeo para tal fin y la gente depende exclusivamente del agua del sistema hasta sus tinacos.

3.- Tandeos. En forma similar al punto anterior, el hecho de que la gente no reciba el agua en forma continua, le implica el tener que contar con almacenamiento para su aprovechamiento, teniendo los mismos efectos.

3.1.- Bombeos intradomiciliarios de agua, existe un gasto de energía eléctrica ya que el agua del sistema llega solo en algunas horas y se deposita en las cisternas de las viviendas, ya que no llega en forma directa del sistema hacia los tinacos, por lo que hay que bombearla para su distribución en las viviendas.

3.2.- Acarreos intradomiciliarios de agua, cuando el agua del sistema no llega en forma continua, la gente debe contar con cubetas, tambos o tinacos a ras de piso para almacenarla en las horas que haya servicios para distribuirla en los diferentes usos durante el día, por lo que la gente consume tiempo en su acarreo dentro del domicilio.

## II.2 ANÁLISIS DE LA OFERTA EXISTENTE.

El análisis de la oferta se debe realizar considerando las condiciones históricas y actuales en que se generan los bienes o servicios que el proyecto va a producir, que en este caso es el incremento de la oferta de agua.

Lo anterior debe incluir una descripción de la infraestructura de producción disponible, considerando aspectos como capacidad de producción y operación, localización de esta, ventajas, desventajas, así como la calidad de los bienes y servicios producidos.

### II.2.1 ANTECEDENTES DE LA OFERTA

La oferta se da mediante un organismo operador del agua. Para este caso se tiene a la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) que mediante el Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA)<sup>3</sup> da servicio a los municipios de Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque y Tonalá.

Por otro lado, los municipios de Tlajomulco, Ixtlahuacán de los Membrillos, El Salto y Juanacatlán cuentan con sus organismos municipales. Los 8 municipios conforman en conjunto el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), área de influencia de este proyecto.

La importancia del agua subterránea y superficial es proporcional a su volumen de suministro, en donde el agua subterránea promedia el 29.0% y el agua superficial 71.0% en los últimos 21 años, como se observa en la siguiente tabla.

---

<sup>3</sup> De acuerdo con el Decreto número 24805/LX/13, del H. Congreso del Estado de Jalisco, publicado el día 24 de diciembre de 2013 de la Ley que crea el Organismo Descentralizado del Poder Ejecutivo denominado Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado.

**Cuadro 2.1** Caudales históricos extraídos de agua superficial y subterránea 2001-2021 del SIAPA (m³/s)

Año	Agua superficiales.	Agua subterránea.	Total Agua ZMG	Superficial %	Subterránea %
2001	5.54	2.88	8.42	65.8%	34.2%
2002	5.42	2.86	8.28	65.4%	34.6%
2003	5.83	2.80	8.63	67.6%	32.4%
2004	6.19	2.51	8.70	71.1%	28.9%
2005	6.56	2.51	9.07	72.3%	27.7%
2006	6.39	2.82	9.21	69.4%	30.6%
2007	6.27	2.90	9.17	68.4%	31.6%
2008	6.57	2.78	9.35	70.2%	29.8%
2009	6.64	2.69	9.32	71.2%	28.8%
2010	6.62	2.82	9.43	70.1%	29.9%
2011	6.76	2.82	9.58	70.5%	29.5%
2012	6.56	2.68	9.24	71.0%	29.0%
2013	6.76	2.76	9.53	71.0%	29.0%
2014	7.35	2.58	9.92	74.0%	26.0%
2015	7.41	2.58	10.00	74.1%	25.9%
2016	7.41	2.80	10.21	72.6%	27.4%
2017	7.66	2.87	10.52	72.7%	27.3%
2018	7.63	2.93	10.56	72.3%	27.7%
2019	7.80	2.90	10.70	72.9%	27.1%
2020	8.29	2.70	10.99	75.5%	24.5%
2021	7.36	2.72	10.08	73.0%	27.0%
PROMEDIO	6.81	2.76	9.57	71.0%	29.0%

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA.

La producción actual total promedio para el AMG es de 11.02 m³/s (2021), considerando que SIAPA aporta 9.57 m³/s y los municipios de Tlajomulco de Zúñiga, El Salto, Ixtlahuacán de los Membrillos y Juanacatlán los restantes 1.456 m³/s.



**Cuadro 2.2** Gasto promedio producido por las fuentes de abastecimiento del AMG.

Producción AP (m <sup>3</sup> /s)	SIAPA				Municipios	TOTAL
	Chapala	Calderón	Subterránea	Subtotal	Subterránea	
<b>Promedio 2001-2021</b>	<b>5.88</b>	<b>0.93</b>	<b>2.76</b>	<b>9.57</b>	<b>1.456</b>	<b>11.02</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA y organismos municipales.

## II.2.2. FUENTES SUBTERRÁNEAS

La AMG, cuenta con un sistema de pozos profundos que contribuyen al abastecimiento de agua para la misma; estos pozos aportan en promedio el 29.1% del agua total requerida. Los acuíferos de los cuales se extrae el agua son: Atemajac, Toluquilla y Cajititlán, los cuales están sobreexplotados. Los restantes municipios se abastecen con pozos propios en su totalidad con agua subterránea de los mismos acuíferos.

**Figura 2.1** Acuíferos del AMG



Nota: Acuífero Atemajac delimitado en la parte superior de la imagen, acuífero Toluquilla delimitado en la zona intermedia y acuífero de Cajititlán en la parte inferior de la imagen.

Fuente: CEA Jalisco.

La situación de los acuíferos de Atemajac, Toluquilla y Cajititlán, que es de donde se abastecen las localidades del AMG, es de sobre explotación y se ha seguido incrementando desde hace varios años, como se observa en las publicaciones del Diario Oficial de la Federación (DOF), para estos acuíferos.

**Cuadro 2.3** Recarga y balance de los acuíferos el AMG (Hm<sup>3</sup>).

Publicación en el DOF	Acuífero						
	Atemajac		Toluquilla		Cajititlán		BALANCE TOTAL
	Recarga	Balance	Recarga	Balance	Recarga	Balance	
<b>2020</b>	147.3	-12.038310	49.1	-75.653523	47.6	-16.21785	-103.909683
<b>2018</b>	147.3	-11.508840	49.1	-73.095837	47.5	-18.144598	-102.749275
<b>2015</b>	147.3	-11.091327	49.1	-72.318105	47.5	-15.263569	-98.673001
<b>2013</b>	147.3	-12.393151	49.1	-72.430365	47.5	-16.334969	-101.158485

2009	147.3	-5.449903			47.5	-1.090467	-6.540370
2007	147.3	-1.413137			41.0	+10.784124	+ 9.370987

Nota: Un valor negativo en la columna de balance representa un déficit debido a que la recarga fue menor a la extracción. Un valor positivo representa un superávit.

**Fuente:** Elaboración propia con información del Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican, publicado por la CONAGUA en el Diario Oficial de la Federación en los años 2007, 2009, 2013, 2015, 2018, 2020.

Como puede observarse, los déficits van en aumento significativo, por ejemplo el acuífero de Toluquilla, cuyo uso principal es el abasto del AMG presenta un déficit de 75.65 Hm<sup>3</sup> por lo que habría que eliminar el suministro de agua subterránea de alguna de estas dos zonas.

De conformidad con los reportes generados por el SIAPA y un estudio elaborado por la Universidad de Guadalajara<sup>4</sup>, se observan los siguientes problemas derivado de la sobreexplotación de los acuíferos:

- Disminución de las reservas de agua subterránea a un ritmo cercano a 6 km<sup>3</sup> por año.
- Problemas asociados al hundimiento del subsuelo y fracturas que generan grietas que dañan las edificaciones.
- Mayor concentración de sales a medida que aumenta la profundidad de extracción.

Por tales motivos, existen dos decretos de veda, el primero publicado en el Diario Oficial de la Federación el 3 de febrero de 1951 para los valles de Tesistán, Atemajac y Toluquilla, el segundo, publicado el 7 de abril de 1976 y como ampliación hacia las zonas circunvecinas a los mismos valles.

Ambos decretos son por tiempo indefinido y establecen veda de control para prevenir perjuicios en el abastecimiento de agua potable y usos domésticos de

<sup>4</sup> Las aguas subterráneas en Jalisco. (2012).

la ciudad de Guadalajara, así como procurar la conservación de acuíferos en condiciones de explotación racional y, prohíbe sin previo permiso de la autoridad competente, el cambio de uso y destino, los incrementos de gasto y volúmenes de extracción.

Con respecto a las vedas, se puede precisar que el marco jurídico del agua en México tiene su fundamento en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en cuyo artículo 27 se señala que las aguas son propiedad de la Nación y le confiere a ésta el derecho de transmitir su dominio a los particulares.

En el párrafo quinto de su Artículo 27, establece que “...las aguas del subsuelo pueden ser libremente alumbradas ..., pero **cuando lo exija el interés público o se afecten otros aprovechamientos**, el Ejecutivo Federal podrá reglamentar su extracción y aun establecer zonas vedas...”. Con base en tal disposición constitucional y en las leyes que se han emitido en materia de agua, **se han promulgado Vedas de aguas subterráneas**

Esencialmente, el texto de los decretos de veda es muy similar, siendo sus disposiciones principales las siguientes:

- *Se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos y, por ello, se establece veda por tiempo indefinido para la extracción de agua del subsuelo.*
- *Se requiere de un permiso para construir captaciones de agua subterránea y de una concesión/asignación para extraerla y usarla, que serán otorgados por la Autoridad Hidráulica “... únicamente en los casos en que de los estudios (técnicos) relativos se concluya que no se causarán los perjuicios que con el establecimiento de la veda tratan de evitarse...”*
- *Se requiere de permiso de la Autoridad Hidráulica para cambiar el uso del agua, incrementar la extracción o modificar las características constructivas de las captaciones y la capacidad de los equipos de bombeo.*

- Es libre el alumbramiento o la extracción de agua para uso doméstico y de abrevadero que se realice por medios manuales. En algunos casos no se especifica el medio de extracción, lo cual implica que puede ser manual, mecánico o cualquier otro.

**Figura 2.2** Zonas de vedas de agua subterránea en el estado de Jalisco



Fuente: CEA Jalisco

*Para el estado de Jalisco se han emitido y publicado 9 nueve decretos o convenios de veda los cuales se presentan en el cuadro siguiente. En el mismo se observa que con fechas de 03/02/1951 y 07/04/1976 se establece la veda específica para los acuíferos que subyacen el AMG; , Valles de Atemajac, Tesistán y Toluquilla; lo que se refuerza con el publicado en 07/12/1987 por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en zonas no vedadas en diversos Municipios del Estado de Jalisco*

y se establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento, extracción y aprovechamiento de las aguas del subsuelo en todos los Municipios del Estado de Jalisco.

En este último citado, cabrían los acuíferos denominados Cajititlán y San Isidro con lo que se cubriría totalmente el área subyacente al Área Metropolitana de Guadalajara ya que esta se sitúa principalmente sobre los acuíferos Atemajac, Toluquilla y Cajititlán.

**Cuadro 2.4** Vedas de agua subterránea en Jalisco publicadas en el DOF

Vedas de Agua Subterránea en Jalisco				
#	Fecha de publicación en el DOF	Nombre Oficial	Clasificación	Nombre corto
1	03/02/1951	Decreto que establece veda por tiempo indefinido para la construcción o ampliación de obras de alumbramiento de aguas del subsuelo en los valles de Atemajac, Tesistán y Toluquilla, Jalisco	II	Valles de Atemajac, Tesistán y Toluquilla
2	26/12/1957	Acuerdo que establece el Distrito de Riego de Ameca, Jalisco y declara utilidad pública la construcción de las obras que lo forman y la adquisición de los terrenos necesarios para alojarlas y operarlas	No Clasificada	Distrito de Riego de Ameca
3	06/07/1973	Decreto por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en los Municipios Teuchitlan y Tala, Estado de Jalisco, para el mejor control de las extracciones, uso y aprovechamiento de aguas del subsuelo en la zona mencionada.	II	Municipios de Teuchitlan y Tala
4	07/04/1976	Decreto que declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos de la zona circunvecina a la veda de los Valles de Atemajac, Tesistán y Toluquilla, Jalisco.	II	Zona circunvecina Valles de Atemajac, Tesistán y Toluquilla
5	10/01/1978	Decreto por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en los Municipios de Tecalitlán, Tuxpan y Zapotiltic, Cd. Gizmán, San Sebastián y Sayula, Jalisco	II	Teclatlán, Tuxpan y otros
6	12/01/1978	Decreto por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos ubicados en el Municipio de Puerto Vallarta, Jalisco	II	Municipio de Puerto Vallarta
7	14/03/1978	Decreto por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en los Municipios de Autlán de Navarro, El Grullo, El Limón y Tonaya, Jalisco	II	Autlán de Navarro, El Grullo y otros
8	21/09/1984	Decreto por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos y se establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento, extracción y aprovechamiento de las aguas del subsuelo en la parte que corresponde a los Municipios de Tomatlán, La Huerta, Cihuatlán y Tonalá, Jalisco	II	Tomatlán, La Huerta, Cihuatlán y Tonalá
9	07/12/1987	Decreto por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en zonas no vedadas en diversos Municipios del Estado de Jalisco y se establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento, extracción y aprovechamiento de las aguas del subsuelo en todos los Municipios del Estado de Jalisco	II	Estado de Jalisco

Fuente: CEA Jalisco



Conforme a información dada por CONAGUA, en total, en los acuíferos que subyacen el AMG, se registran más de 3100 pozos profundos de todo tipo de usuarios, lo que se puede constatar en la página oficial de CONAGUA REPDA.

El sistema de pozos, conforme al registro público de derechos de agua (REPDA) de CONAGUA, integra alrededor de 200 pozos para uso público urbano. Los pozos datan de 3 y hasta más 50 años de antigüedad, algunos rehabilitados, relocalizados o incluso eliminados, los cuales se observan en forma esquemática en la siguiente figura.

**Cuadro 2.5** Acuífero Atemajac: Titulares uso público urbano

TITULAR	APROVECHAMIENTO	GASTO (l/s)
SISTEMA INRERMUNICIPAL PARA LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	157	2,041.5
RESIDENTES DE CHAPALITA, A.C.	5	64.0
MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JALISCO	15	47.3
COLINAS DE SAN JAVIER, A.C.	4	37.8
COLONOS LOMAS DEL VALLE PRIMERA SECCIÓN, A.C.	4	30.3
AYUNTAMIENTO CONSTITUCIONAL DE ZAPOPAN, JALISCO	12	28.8
AGUA PURA COLOMOS, A.C.	3	25.4
COLONOS LAS FUENTES, A.C.	2	24.5
EJIDO SAN JUAN DE OCOTÁN	3	22.9
SOCIEDAD DE COLONOS DEL FRACCIONAMIENTO MONRAZ, A.C.	2	13.3
CONDOMINIO RNACHO CONTENTO	2	8.8
ASOCIACIÓN DE COLONOS VALLARTA PONIENTE, A.C.	2	8.2
COLONOS DE CAMPO DE POLO CHAPALITA, A.C.	2	8.2
PRESIDENCIA MUNICIPAL DE TONALÁ	5	7.4
ASOCIACIÓN DE COLONOS ARCOS SUR, A.C.	1	7.0
COLONOS MONRAZ TERRAZAS, A.C.	1	6.6
ASOCIACIÓN DE COLONOS CIUDAD BUGAMBILIAS, A.C.	1	5.8
BANSI SOCIEDAD ANÓNIMA, INSTITUCIÓN BANCA MÚLTIPLE	2	4.4
COLONOS BOSQUE DE SAN ISIDRO, A.C.	3	2.7
COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD	1	2.5
COLONOS DE CHAPALITA SUR, A.C.	1	2.2
HACIENDAS DE ZAPOPAN, S.A. DE C.V.	1	1.9
ASOCIACIÓN DE COLONOS DEL FRACCIONAMIENTO HÍPICO DEL BAJÍO, A.C.	1	0.6
MARTÍN IGNACIO RAMÍREZ RAMÍREZ	1	0.5
ASOCIACIÓN DE COLONOS PARÁISO LOS PINOS, A.C.	1	0.5
SANATORIOS DE MÉXICO, S.A. DE C.V.	1	0.3
COLONOS DEL ARROYITO, A.C.	1	0.2
TOTALES	234	2,403.7

	SIAPA	AYUNTAMIENTO / MUNICIPIO	OTROS
<b>GASTO (l/s)</b>	2,041.52	83.53	278.69
<b>PORCENTAJE</b>	85%	3%	12%

Nota: El acuífero Atemajac tiene concesionado el uso público urbano en 27 titulares.

Fuente: CEA Jalisco a partir de documentos de CONAGUA.

De la información anterior se desprende que el SIAPA tiene asignado el equivalente a un gasto de 2.04 m<sup>3</sup>/s, los municipios 0.8 m<sup>3</sup>/s y el resto representa 0.28 m<sup>3</sup>/s.

**Cuadro 2.6** Acuífero Toluquilla: Titulares uso público urbano

TITULAR	APROVECHAMIENTO	GASTO (l/s)
SISTEMA INTERMUNICIPAL PARA LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	28	958.5
MUNICIPIO DE TLAQUEPAQUE JALISCO	17	146.7
ASOCIACIÓN DE COLONOS DE CIUDAD BUGAMBILIAS, A.C.	4	96.5
H. AYUNTAMIENTO CONSTITUCIONAL DE TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA	24	73.3
CONDOMINIO SANTA ANITA	5	59.0
PRESIDENCIA MUNICIPAL EL SALTO, JALISCO	8	52.9
MUNICIPIO DE TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA	8	34.7
MÉXICO INVERSIONES S.A. DE C.V.	4	34.1
MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JALISCO	2	21.9
AYUNTAMIENTO CONSTITUCIONAL DE ZAPOPAN, JALISCO	3	12.7
AZALEAS RESIDENCIAL, CONDOMINIO HORIZONTAL	1	4.2
CONDOMINIO HORIZONTAL EL BOSQUE	1	3.7
COMITÉ PRO AGUA DE SAN FRANCISCO DE LA SOLEDAD	1	3.5
CAMPESTRE LOS PINOS, A.C.	1	3.0
H. AYUNTAMIENTO DE JUANACATLÁN	3	2.9
PRESIDENCIA MUNICIPAL DE TONALÁ	2	2.8
GEO JALISCO S.A. DE C.V.	4	2.4
AZALEAS RESIDENCIAL, CONDOMINIO HORIZONTAL	1	1.9
CONDOMINIO HORIZONTAL LA LOMA	1	1.2
ASOCIACIÓN DE COLONOS DEL FRACCIONAMIENTO LOS GAVILANES ORIENTE, A.C.	1	0.8
PRODICONSTRUCTORA S.A. DE C.V.	1	0.8
GRUPO VECINAL LAS PIRÁMIDES, A.C.	1	0.3
INMOBILIARIA URUÑUELA S.A. DE C.V.	1	0.0
<b>TOTALES</b>	122	1,517.8

	SIAPA	AYUNTAMIENTO / MUNICIPIO	OTROS
<b>VOLUMEN</b>	30,226,619.00	10,970,934.30	6,668,372.00
<b>GASTO (l/s)</b>	958.48	347.89	211.45



	SIAPA	AYUNTAMIENTO / MUNICIPIO	OTROS
PORCENTAJE	63%	23%	14%

Nota: El acuífero Toluquilla tiene concesionado el uso público urbano en 23 titulares.

**Fuente:** CEA Jalisco a partir de documentos de CONAGUA.

De la información anterior se desprende que el SIAPA tiene asignado el equivalente a un gasto de 0.95 m<sup>3</sup>/s, los municipios 0.35 m<sup>3</sup>/s y el resto representa 0.21 m<sup>3</sup>/s.

**Cuadro 2.7** Acuífero Cajititlán: Titulares uso público urbano

TITULAR	APROVECHAMIENTO	GASTO (l/s)
MUNICIPIO DE TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA, JALISCO	5	162.0
MUNICIPIO DE IXTLAHUACÁN DE LOS MEMBRILLOS, JALISCO	32	81.1
H. AYUNTAMIENTO CONSTITUCIONAL DE TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA, JALISCO	15	75.1
VIVIENDA OCCIDENTAL, S.A. DE C.V.	4	70.6
BIENES RAÍCES JARDÍN REAL, S.A. DE C.V.	1	32.0
CONSORCIO ALEX, S.A. DE C.V.	2	31.8
MUNICIPIO DE CHAPALA JALISCO	5	21.3
H. AYUNTAMIENTO DE JUANACATLÁN	3	18.2
ANILEC, S.A. DE C.V.	1	17.7
MISIÓN DEL CARMEN, S.A. DE C.V.	1	8.8
FRACCIONAMIENTO COLINAS DE BUENOS AIRES, S.A. DE C.V.	2	8.8
CONSORCIO HOGAR, S.A. DE C.V.	1	5.5
MUNICIPIO DE JOCOTEPEC JALISCO	1	1.9
TOTALES	73	534.7

	SIAPA	AYUNTAMIENTO / MUNICIPIO	OTROS
VOLUMEN	-	11,338,492.00	5,523,810.00
GASTO (l/s)	-	359.54	175.16
PORCENTAJE	0%	67%	33%

Nota: El acuífero Cajititlán tiene concesionado el uso público urbano en 13 titulares.

**Fuente:** CEA Jalisco a partir de documentos de CONAGUA.

De la información anterior se desprende que el SIAPA no tiene volumen asignado, por lo que los municipios tienen el equivalente a 0.36 m<sup>3</sup>/s y el resto representa 0.18 m<sup>3</sup>/s.

### Gasto medio de los pozos

Para precisar lo relacionado al caudal de los pozos que se maneja en la oferta, el Gasto potencial de los pozos se establece en función del aforo que se practica a cada uno de ellos, y a partir de ello, se equipan.

Para la determinación del gasto medio de extracción se requiere conocer de cada uno de los pozos las horas de bombeo, a partir de ello se determina el gasto medio diario y/o en función de las horas anuales que se operan, se determina el gasto medio anual y su equivalente en volumen anual de agua extraída.

Normalmente en las grandes ciudades como el AMG, los pozos que se destinan para servicio de agua potable en general se explotan las 24 horas.

Cabe puntualizar que, en su caso, el volumen medio anual de extracción o su gasto equivalente no podrá ni deberá ser mayor al volumen asignado a cada usuario, por lo que las cifras se centran al promedio asignado o concesionado que se registra en el REPDA. Evidentemente el caudal explotado también está en función de las condiciones hídricas del acuífero, ya que la sobre explotación va mermando el caudal a obtener de cada pozo.

Para este estudio, se utilizan los reportes de los Organismos Operadores sobre el caudal explotado en los mismos.

#### II.2.2.1. Municipios SIAPA

De acuerdo con los registros proporcionados por el SIAPA, se cuenta con un total de 163 pozos distribuidos en los cuatro municipios de la ZMG. A continuación, se muestra la relación de pozos por sector y cuenca, incluyendo el gasto y la profundidad promedio de extracción.

**Cuadro 2.8** Capacidad de diseño y profundidad promedio de pozos del SIAPA (2015)

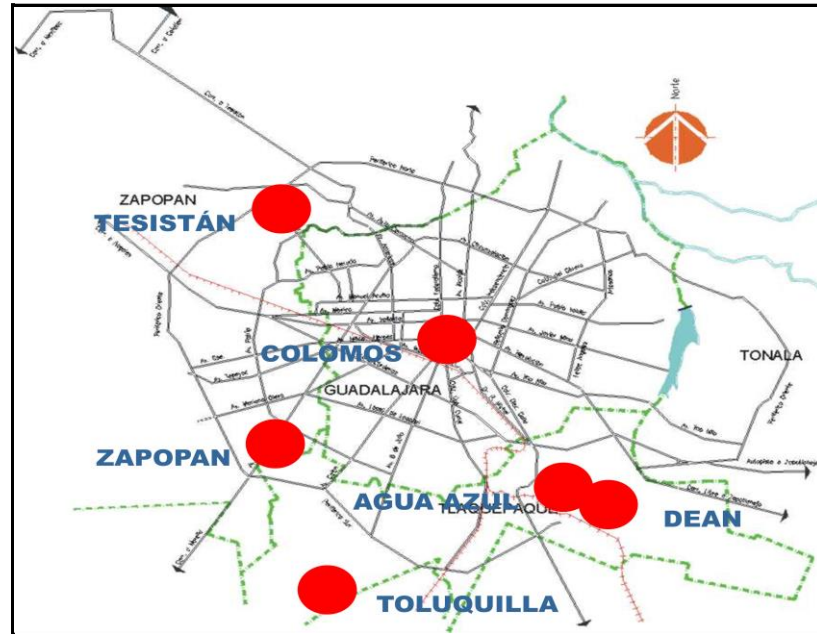
Municipio	No. Pozos	Capacidad de Diseño Acum. (l/s)	Prof. Promedio (m)
Zapopan	43	1,583	271.99
	30	584	197.85
	6	131	246.33
	1	15	200
	14	432	288.33
	15	273	206.8
Guadalajara	3	35	133
	1	6	63
	13	158	142.27
	1	7	250
Tlaquepaque	1	N/D	N/D
	30	1,106	282.78
	3	112	275
Tonalá	2	84	250
<b>Total</b>	<b>163</b>	<b>4,526</b>	

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA Jalisco (resumen de la base de datos de pozos del SIAPA).

Aunque la capacidad instalada en pozos es mayor, no se pueden utilizar a su máxima capacidad por abatimiento del acuífero.

En la siguiente figura se muestra esquemáticamente la ubicación de las baterías de pozos del cuadro anterior.

**Figura 2.3** Ubicación de los principales sistemas de pozos



Fuente: SIAPA.

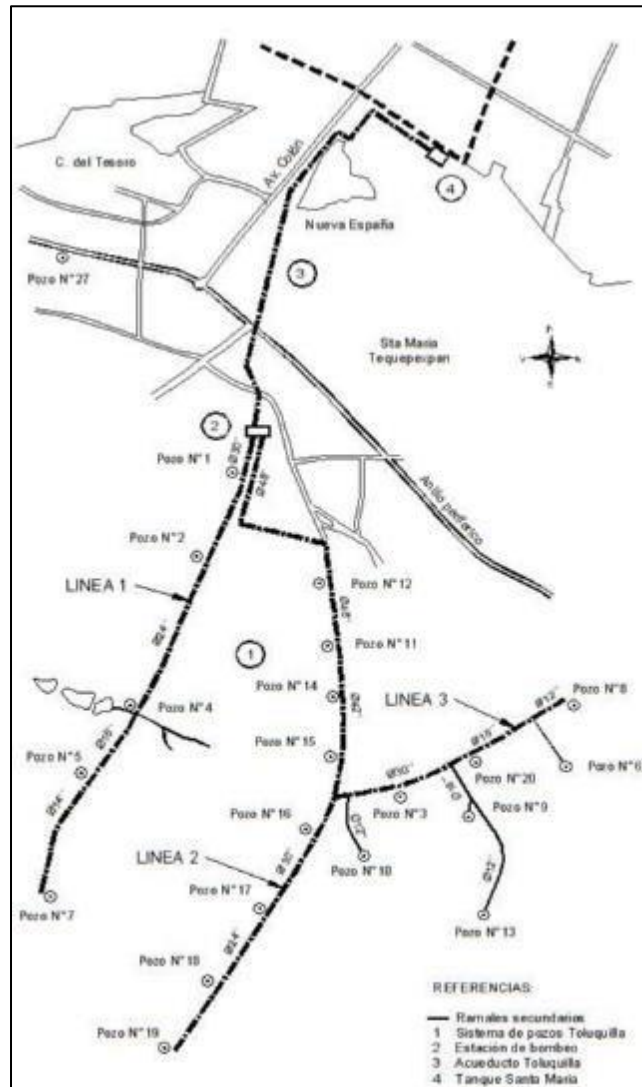
La principal aportación de aguas subterráneas proviene de una batería de pozos situada en las zonas de Tesistán y Toluquilla. El primero de ellos cuenta con un total de 47 pozos, por lo que respecta al sistema de Toluquilla, éste cuenta con un total de 27 pozos.

Para el caso del sistema de pozos Toluquilla, la instalación de cada pozo se compone de la respectiva perforación hasta la capa de agua subterránea, línea de salida con válvulas de corte, retención, alivio y de drenaje, caseta para resguardo del tablero eléctrico y sistemas telemétricos, línea de abastecimiento eléctrico desde una subestación eléctrica ubicada en el terreno del tanque Toluquilla y su respectivo transformador. Además del tanque receptor, el terreno alberga un cárcamo de bombeo con 5 equipos verticales y una capacidad máxima de 2.5 m<sup>3</sup>/s.

Es importante mencionar que debido a que el agua extraída de los pozos de Toluquilla comenzó a presentar un alto contenido de arsénico, hierro y manganeso, fue necesaria la implementación de la planta potabilizadora No. 4, la cual opera mediante un proceso de inyección de ozono.

Para el caso del sistema Toluquilla, los pozos bombean sus caudales a 3 líneas de conducción que poseen una longitud de 17.5 km. Se unen 2 de ellas para que finalmente lleguen 2 líneas de conducción de 30" y de 48" respectivamente al tanque de recepción Toluquilla que posee una capacidad de almacenamiento de 11,500 m<sup>3</sup>. Este tanque se conecta mediante tubería de 30" a un cárcamo de bombeo que consta de 5 equipos verticales con una capacidad de 0.5 m<sup>3</sup>/s cada uno. La estación de bombeo alimenta al acueducto Toluquilla, mediante el cual se eleva el agua al tanque Santa María, desde donde se procede a la distribución. Este acueducto de 3.9 km de longitud tiene 48" de diámetro.

**Figura 2.4** Conducción del Sistema de Pozos Toluquilla<sup>5</sup>



Fuente: CEA Jalisco.

El gasto aportado por los pozos que son administrados por el SIAPA es 2.76 m<sup>3</sup>/s promedio (2001-2021).

<sup>5</sup> Se solicitó este tipo de diagramas para el resto de los sistemas de pozos, pero no se cuenta con dicha información.

### II.2.2.2 Juanacatlán<sup>6</sup>

El abastecimiento de agua dentro del municipio de Juanacatlán se lleva a cabo a partir de las aguas subterráneas del acuífero Toluquilla (1402), a través de pozos profundos.

**Figura 2.5** Infraestructura de abastecimiento de Juanacatlán



Fuente: CEA Jalisco.

<sup>6</sup> Estudio de Diagnóstico Integral del Organismo Operador de Agua del Municipio de Juanacatlán, Jal. CEA 2011

De acuerdo con la información proporcionada por la CEA Jalisco, se tiene registro de 10 pozos, de los cuales 5 son operados por el municipio y los otros 5 son operados por los comités de agua independientes que funcionan de manera autónoma, pero que reciben del municipio apoyo cuando se lo solicitan, sobre todo cuando requieren del mantenimiento de los equipos de bombeo. Las características técnicas de los pozos corresponden a información del año 2015.

**Cuadro 2.9** Características técnicas de los pozos (2015)

No.	Nombre del Pozo	Prof. (m)	Tipo de Bomba	Potencia del Motor HP	Sub. Eléctr. Transformador (KVA)
	<b>MUNICIPALIZADOS</b>				
1	Pozo 3 El Carril	200	Sumergible		75.0
2	Pozo 4 Los Carrillo	200	Sumergible		75.0
3	Pozo 5 Rancho Los Cortés	230	Sumergible	30	45.0
4	Pozo 6 Los Nuño	260	Sumergible		75.0
5	Pozo 8 El Rastro (Cristo Rey)	250	Sumergible		45.0
	<b>NO MUNICIPALIZADOS</b>				
6	Pozo Miraflores	150	Sumergible		30.0
7	Pozo Casa de Teja	55	Sumergible	5	30.0
8	Pozo Ex Hacienda de	140	Sumergible		15.0
9	Pozo Rancho Nuevo	150	Sumergible	10	15.0
10	<b>Pozo San Antonio Juanacastle</b>	<b>300</b>	<b>Sumergibl</b>	<b>20</b>	<b>45.0</b>

Nota: Se solicitó la información al año 2020 pero no se tienen concluidos los diagnósticos del organismo.

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA Jalisco y municipio de Juanacatlán.

En el cuadro 2.10 se presentan los estimados de operación y volúmenes extraídos de los pozos. Como se puede observar, el promedio de horas que operaron los pozos fue 13 horas al día. Debido a la falta de macromedición, no se tiene un valor preciso o histórico de la producción de agua potable.



**Cuadro 2.10** Caudal de operación de las fuentes (2015)

No.	No. Pozos	Nombre del Pozo	Gasto Extraído (l/s)	Horas de Operación al Año	Total, m <sup>3</sup> /año	Gasto Medio Diario (l/s)
<b>MUNICIPALIZADOS</b>			<b>35.00</b>	<b>34,620</b>	<b>872,424</b>	<b>27.7</b>
1	1	Pozo 3 El Carril	7.00	6924	174,485	5.53
2	2	Pozo 4 Los Carrillo	7.00	6924	174,485	5.53
3	3	Pozo 5 Rancho Los Cortés	3.00	6924	74,779	2.37
4	4	Pozo 6 Los Nuño	7.00	6924	174,485	5.53
5	5	Pozo 8 Cristo Rey	11.00	6924	274,190	8.69
<b>NO MUNICIPALIZADOS</b>			<b>32.00</b>	<b>2,588</b>	<b>329,236</b>	<b>10.4</b>
6	1	Miraflores	7.00	1154	29,081	0.92
7	2	Casa de Teja	5.00	2365	51,930	1.65
8	3	Ex Hacienda de	12.00	2885	124,632	3.95
9	4	Rancho Nuevo	3.00	1052	24,926	0.79
1	5	San Antonio Juanacastle	5.00	5481.5	98,667	3.13
<b>TOTAL</b>			<b>67.0</b>	<b>4,755.8</b>	<b>1,201,660</b>	<b>38.1</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA Jalisco y municipio de Juanacatlán.

Se solicitó información al organismo municipal sobre el volumen extraído y ha señalado que para el año 2018, el gasto medio diario asciende a la cantidad de 74 lps para la totalidad del sistema.

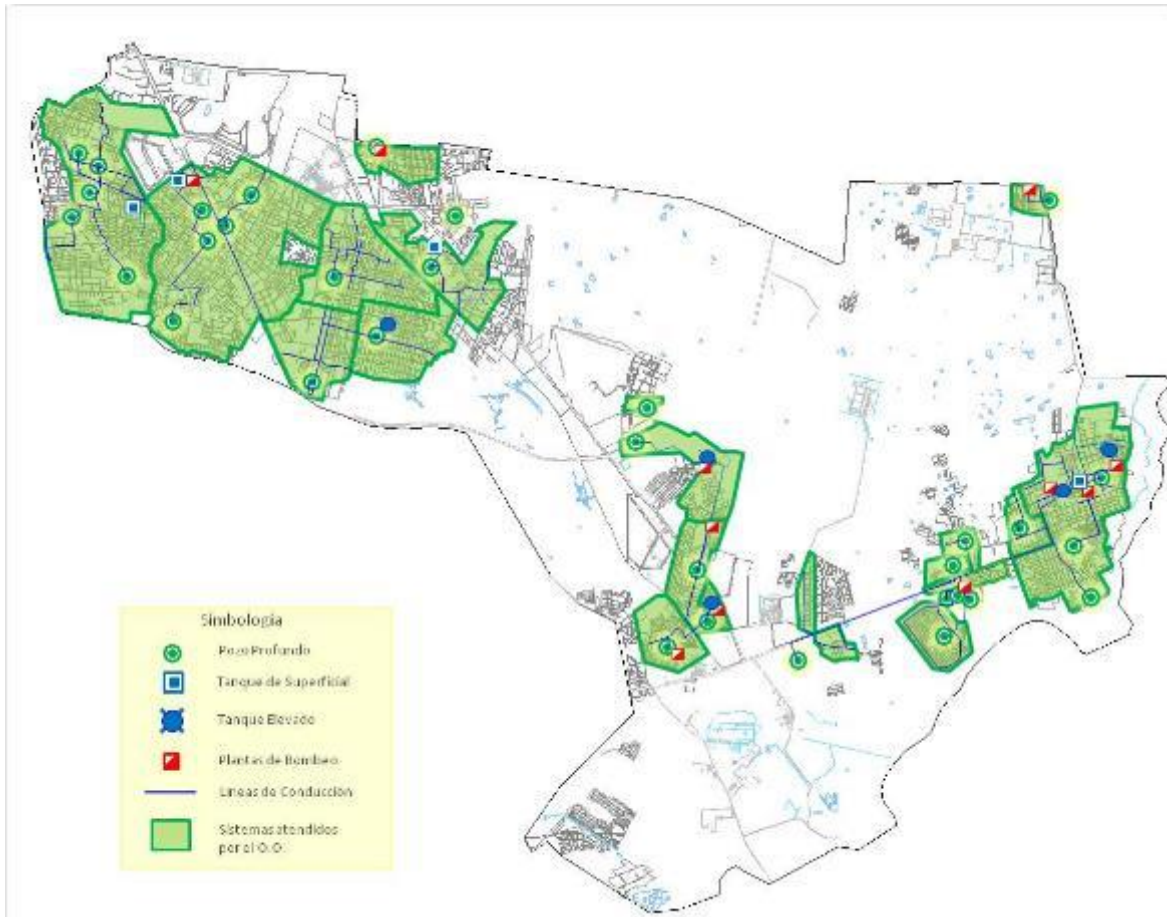
#### II.2.2.3. EL SALTO <sup>7</sup>

El sistema de abastecimiento que opera el Sistema Municipal de Agua Potable de El Salto (SIMAPES), tiene 71 líneas de conducción con una longitud total de 68.6 Km, construidas en diferentes diámetros que van de 2" hasta 10".

<sup>7</sup> Estudio de diagnóstico y planeación integral del organismo operador de agua de la cabecera municipal de El Salto, Jalisco (SIMAPES).CEA 2011.

En la siguiente figura se muestra el trazo que tienen las líneas de conducción e interconexión entre pozos, tanques y plantas de bombeo.

**Figura 2.6** Infraestructura de abastecimiento de El Salto



Fuente: CEA Jalisco.

El sistema aprovecha las aguas subterráneas del acuífero Toluquilla a través de 29 pozos profundos, los cuales operan en su mayoría de forma regular durante el año.

Es importante señalar que el SIMAPES no cuenta con registros históricos de los volúmenes producidos o extraídos de cada una de las fuentes de

abastecimiento, por lo que únicamente proporcionó una relación de sus pozos con un dato de caudal extraído, el número de horas que opera al día y el número de días que operó al año, con los cuales se calculó el volumen producido.

**Cuadro 2.11** Gasto anual promedio diario extraído (2015)

No.	No.	Nombre del Pozo	Gasto Extraído (l/s)	Horas de Operación al Día	Días de Operación	Volumen (m³/día)	Vol. Producido m³/año	Gasto anual promedio diario efectivo extraído (l/s)
<b>DELEGACIÓN CABECERA</b>						14,897	4,363,956	172
1	1	El Muelle	20	1,728	630,720	20.0	630,720	20.0
2	2	La Alcantarilla (Azucena 2)	20	1,728	630,720	20.0	630,720	20.0
3	3	Unidad Deportiva	4	346	85,363	4.0	85,363	2.7
4	4	El Sabino	6	324	84,564	3.8	84,564	2.7
5	5	Azucena 6	10	864	225,504	10.0	225,504	7.2
6	6	Azucena 7	65	5,616	1,465,776	65.0	1,465,776	46.5
7	7	Azucena 8	9.5	821	214,229	9.5	214,229	6.8
8	8	La Mesa	20	1,728	451,008	20.0	451,008	14.3
9	9	El Vivero	10	576	150,336	6.7	150,336	4.8
10	10	Lomas de El Salto	13.5	1,166	425,736	13.5	425,736	13.5
<b>DELEGACIÓN EL CASTILLO</b>						9,504	2,759,098	110
11	1	Jardines del Castillo	24	2,074	541,210	24.0	541,210	17.2
12	2	Infonavit del Castillo	20	1,296	338,256	15.0	338,256	10.7

13	3	El Castillo (Pie Carretera)	25	2,160	788,400	25.0	788,400	25.0
14	4	CIMEG	40	3,456	902,016	40.0	902,016	28.6
15	5	Ex Hacienda	6	518	189,216	6.0	189,216	6.0
<b>DELEGACIÓN EL VERDE</b>						3,413	1,133,352	40
16	1	Extramuros	22	1,901	693,792	22.0	693,792	22.0
17	2	El Chocolate	12.5	1,080	281,880	12.5	281,880	8.9
18	3	Lomas del Verde	10	432	157,680	5.0	157,680	5.0
<b>DELEGACIÓN EL QUINCE</b>						1,674	526,770	19
19	1	San José del Quince	10	864	315,360	10.0	315,360	10.0
20	2	El Quince 2	15	810	211,410	9.4	211,410	6.7
<b>DELEGACIÓN PINTITAS</b>						6,653	1,808,266	77
21	1	La Pedrera	28	2,419	631,411	28.0	631,411	20.0
22	2	Pedro Ogazón	16	1,382	360,806	16.0	360,806	11.4
23	3	Ermita	25	2,160	563,760	25.0	563,760	17.9
24	4	El Carmen	8	691	252,288	8.0	252,288	8.0
<b>DELEGACIÓN LAS PINTAS</b>						7,862	2,231,798	91
25	1	El Boing	10	864	225,504	10.0	225,504	7.2
26	2	Los Martínez	20	1,728	630,720	20.0	630,720	2,002 0.0
27	3	Las Majadas	28	2,419	631,411	28.0	631,411	20.0
28	4	Santa Rosa	19	1,642	428,458	19.0	428,458	13.6
29	5	Huizachera	14	1,210	315,706	14.0	315,706	10.0
<b>ANUAL</b>						<b>44,003</b>	<b>12,823,240</b>	

Nota: Se solicitó la información al año 2020 pero no cuenta con datos actualizados.

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA Jalisco y el SIMAPES.

Como puede observarse en la tabla anterior, el volumen producido total anual, bajo las condiciones de operación indicadas para los 29 pozos, se estimó en 12,823,240m<sup>3</sup> al año 2015, lo que significa que el gasto medio diario extraído fue de 407 l/s.

Cabe señalar que para la presente actualización, de acuerdo con el estudio de factibilidad técnica elaborado por la CEA, se observa que se desagrega la información en dos conceptos adicionales, correspondientes a la extracción en 2018 de los desarrollos habitacionales y los usuarios autoabastecidos. La precisión se señala en virtud que el gasto explotado para El Salto se señala en 53 lps mientras que desarrollos habitacionales con 141 lps y usuarios autoabastecidos con 665 lps. Esta información se combina con el municipio de Tlajomulco de Zúñiga que se muestra en el siguiente apartado.

#### II.2.2.4. TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA<sup>8</sup>

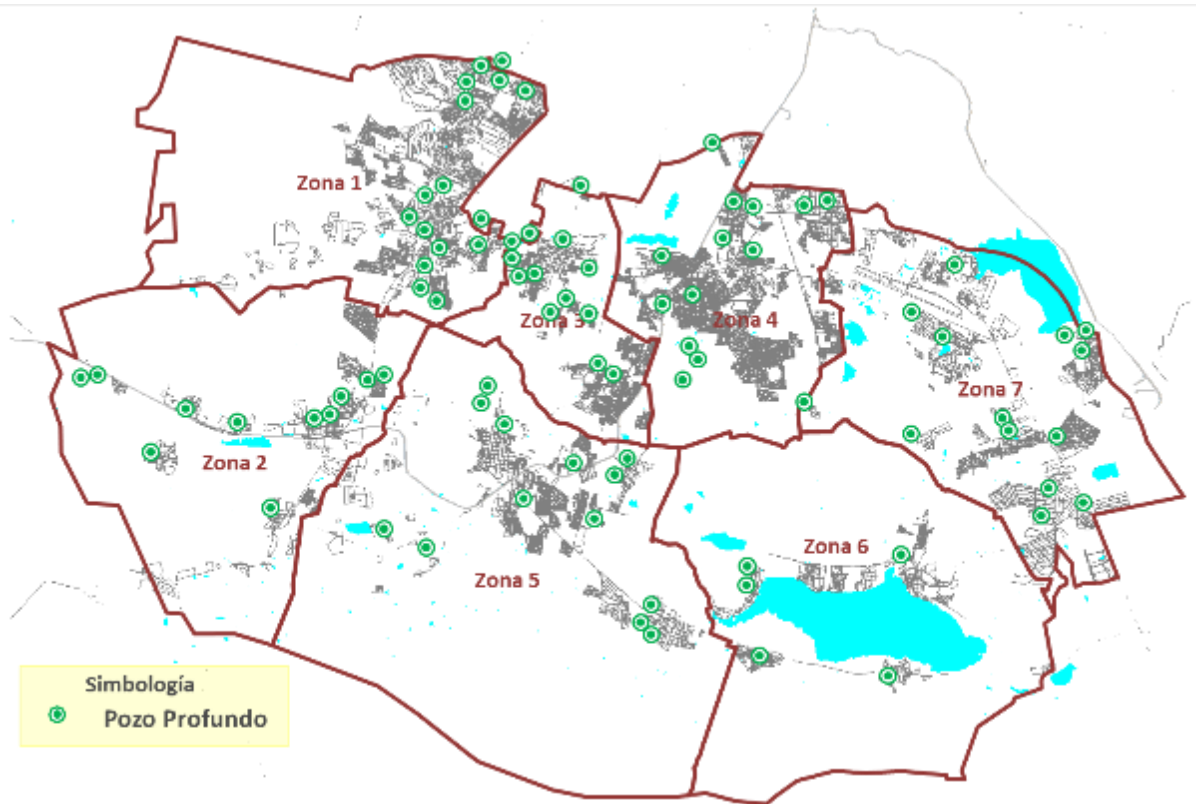
El abastecimiento de agua dentro del municipio de Tlajomulco de Zúñiga se realiza de las aguas subterráneas de los acuíferos Toluquilla (1402), Cajititlán (1403) y San Isidro (1450) a través de 80 pozos profundos, los cuales operan en su mayoría de forma regular durante el año y en un insignificante porcentaje de afloramientos (manantiales).

En la siguiente figura se presenta un mapa del municipio con la ubicación de las captaciones que operó la Dirección General de Agua Potable y Alcantarillado (DGAPA) para el abastecimiento de agua potable a la población que es atendida por el organismo operador del municipio de Tlajomulco de Zúñiga.

---

<sup>8</sup> Estudio de diagnóstico y planeación integral del organismo operador de agua de la cabecera municipal de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco (DGAPA), CEA 2011.

**Figura 2.7** Infraestructura de abastecimiento de Tlajomulco de Zúñiga



Fuente: CEA Jalisco.

Es importante señalar que no se cuenta con registros históricos de los volúmenes producidos o extraídos de cada una de las fuentes de abastecimiento, por lo que únicamente proporcionó una relación de sus pozos con un dato de caudal extraído, el número de horas que opera al día y el número de días que operó al año, con los cuales se calculó el volumen producido.

**Cuadro 2.12** Gasto anual promedio diario extraído (2015)

No.	No. Pozos	Nombre del Pozo	Gasto extraído (l/s)	Horas de Operación al Día	Días de Operación	Volumen (m³/día)	Vol. Producido m3/año	Gasto Medio Diario Efectivo Extraído (l/s)
<b>SECTOR 1</b>						22,211	8,032,091	255
<b>ZONA 1</b>						17,069	6,181,468	196
1	1	Balcones de Santa Anita	1	24	260	1.0	22,464	0.7
2	2	Bonanza San Agustín	19	12	365	9.5	299,592	9.5
3	3	Pozo Camino Real San Agustín	19	21.5	365	17.0	536,769	17.0
4	4	Fracc. Ojo de Agua	9	24	365	9.0	283,824	9.0
5	5	Hacienda del Sur	7	18	365	5.3	165,564	5.3
6	6	Matamoros	30	17	365	21.3	670,140	21.3
7	7	Niños Héroes San Agustín	28	16	365	18.7	588,672	18.7
8	8	No.1 El Palomar	30	12	365	15.0	473,040	15.0
9	9	No.2 El Palomar	13	24	365	13.0	409,968	13.0
10	10	No.3 El Palomar	30	2	182	1.2	39,312	1.2
11	11	No.1 Lomas de San Agustín	22	16.5	365	15.1	476,982	15.1
12	12	No.2 Lomas de San Agustín	6	11	365	2.8	86,724	2.8
13	13	No.4 Lomas de San Agustín Tlajomulco	36	16	365	24.0	756,864	24.0
14	14	No.1 Tulipanes	12	24	365	12.0	378,432	12.0
15	15	San Agustín de Las Flores	10	12	365	5.0	157,680	5.0
16	16	San José del Tajo	15	14	365	8.8	275,940	8.8
17	17	San Martín del Tajo	8	10	365	3.3	105,120	3.3
18	18	Santa Isabel	5.5	14	365	3.2	101,178	3.2
19	19	Banús 1	19.2	14	365	11.2	353,203	11.2
<b>ZONA 2</b>						5,142	1,850,623	59
20	1	Buenavista	9	12	365	4.5	141,912	4.5
21	2	CECyTEJ	35	1	156	0.6	19,656	0.6
22	3	Cofradía	25	10	365	10.4	328,500	10.4
23	4	No.1 Soledad Cruz Vieja	6.83	21	365	6.0	188,467	6.0
24	5	No.1 Vicente Trigo	33	24	365	33.0	1,040,688	33.0
25	6	Tepetates (Santa Cruz de La Loma)	10	10	365	4.2	131,400	4.2
<b>SECTOR 2</b>						36,721	13,333,690	423
<b>ZONA 3</b>						12,068	4,405,001	140
26	1	Arcos de San Sebastián	12	12	365	6.0	189,216	6.0
27	2	Domus	20	17	365	14.2	446,760	14.2
28	3	El Arroyo	19	24	365	19.0	599,184	19.0
29	4	Jardines de San Sebastián	12	24	365	12.0	378,432	12.0
30	5	La Aguacatera	15	17	365	10.6	335,070	10.6
31	6	Manhattan	12	17	365	8.5	268,056	8.5
32	7	Ojo de Agua	9	24	365	9.0	283,824	9.0

No.	No. Pozos	Nombre del Pozo	Gasto extraído (l/s)	Horas de Operación al Día	Días de Operación	Volumen (m³/día)	Vol. Producido m3/año	Gasto Medio Diario Efectivo Extraído (l/s)
33	8	Residencial San Pablo	10	18	365	7.5	236,520	7.5
34	9	San Antonio	2	12	365	1.0	31,536	1.0
35	10	Terranova 1	15.78	12	365	7.9	248,819	7.9
36	11	Terranova 2	35.5	12	365	17.8	559,764	17.8
37	12	Santo Niño	30	18	365	22.5	709,560	22.5
38	13	Villas de Zapoteppec	6	15	365	3.8	118,260	3.8
<b>ZONA 4</b>						24,652	8,928,689	283
39	1	Altus Bosques	14	12	365	7.0	220,752	7.0
40	2	No.3 El Cuervo (Closter 6 Santa Fe)	38	24	365	38.0	1,198,368	38.0
41	3	El Paraíso	5.4	18	365	4.1	127,721	4.1
42	4	Jardines del Edén	15	8	365	5.0	157,680	5.0
43	5	No.1 El Cuervo (1HK)	32	24	365	32.0	1,009,152	32.0
44	6	No.2 El Cuervo	43	24	365	43.0	1,356,048	43.0
45	7	No.4 El Cuervo	40.33	24	365	40.3	1,271,847	40.3
46	8	No.5 El Cuervo	35	24	365	35.0	1,103,760	35.0
47	9	No.1 Real del Valle	25	18	365	18.8	591,300	18.8
48	10	No.1 Santa Cruz del Valle	31	24	365	31.0	977,616	31.0
49	11	No.2 Santa Cruz del Valle	28	13	312	13.0	408,845	13.0
50	12	Residencial San José	4.71	18	365	3.5	111,401	3.5
51	13	Villas de La Hacienda	25	12	365	12.5	394,200	12.5
<b>SECTOR 3</b>						16,693	6,057,378	192
<b>ZONA 5</b>						13,892	5,070,726	161
52	1	Acatitlán de Los Ranchitos	3	5	365	0.6	19,710	0.6
53	2	Alcalde	32	24	365	32.0	1,009,152	32.0
54	3	Esquíveles	17	24	365	17.0	536,112	17.0
55	4	Fracc. Lomas de Tejeda	42	18	365	31.5	993,384	31.5
56	5	La Cajilota	22	12	365	11.0	346,896	11.0
57	6	La Teja	9	6	365	2.3	70,956	2.3
58	7	No.1 Lomas de Tejeda	48	18	365	36.0	1,135,296	36.0
59	8	No.1 San Miguel	10	7	365	2.9	91,980	2.9
60	9	No.2 San Miguel	10	14	365	5.8	183,960	5.8
61	10	Pozo No.3 San Miguel	20	16	365	13.3	420,480	13.3
62	11	Peñafiel	10	20	365	8.3	262,800	8.3
<b>ZONA 6</b>						2,801	986,652	31
63	1	Cajititlán	20	17	365	14.2	446,760	14.2
64	2	No.1 Cuexcomatitlán (Plaza Pública)	3	12	90	0.4	11,664	0.4



No.	No. Pozos	Nombre del Pozo	Gasto extraído (l/s)	Horas de Operación al Día	Días de Operación	Volumen (m³/día)	Vol. Producido m3/año	Gasto Medio Diario Efectivo Extraído (l/s)
65	3	No.2 Cuexcomatitlán (Pedro Guerrero)	9	20	365	7.5	236,520	7.5
66	4	San Juan Evangelista	10	12	365	5.0	157,680	5.0
67	5	San Lucas	8.5	12	365	4.3	134,028	4.3
<b>SECTOR 4</b>						9,889	3,606,923	114
<b>ZONA 7</b>						9,889	3,606,923	114
68	1	El Mirador	27	4	365	4.5	141,912	4.5
69	2	El Refugio	16	24	365	16.0	504,576	16.0
70	3	No.1 El Capulín	4	1	182	0.1	2,621	0.1
71	4	No.2 El Capulín	27	24	365	27.0	851,472	27.0
72	5	No.1 El Zapote del Valle	10	17	365	7.1	223,380	7.1
73	6	No.2 El Zapote del Valle	16	19	365	12.7	399,456	12.7
74	7	No.2 Jardines de La Calera	10	12	365	5.0	157,680	5.0
75	8	No.3 Jardines de La Calera	8	5	365	1.7	52,560	1.7
76	9	No.1 La Alameda	13	24	365	13.0	409,968	13.0
77	10	No.2 La Alameda	6	15	365	3.8	118,260	3.8
78	11	No.1 Rancho Alegre	6	24	365	6.0	189,216	6.0
79	12	No.1 La Calera	15	17	365	10.6	335,070	10.6
80	13	Villas de La Alameda	7	24	365	7.0	220,752	7.0
<b>TOTAL</b>						85,514	31,030,082	

Nota: Se solicitó la información desagregada al año 2020 pero no cuenta con datos actualizados.

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA Jalisco.

El volumen producido total anual, bajo las condiciones de operación indicadas para los 80 pozos, fue de 31,030,082 m³ para el año 2015, lo que significa que el gasto medio diario extraído fue de 984 l/s.

De la misma forma que se precisó para la información presentada de El Salto en el apartado anterior, el dictamen técnico elaborado por la CEA para 2018 señala un gasto explotado en Tlajomulco de Zúñiga 423 l/s mientras que desarrollos habitacionales con 141 l/s y usuarios autoabastecidos con 665 l/s.

#### II.2.2.5. IXTLAHUACÁN DE LOS MEMBRILLOS<sup>9</sup>

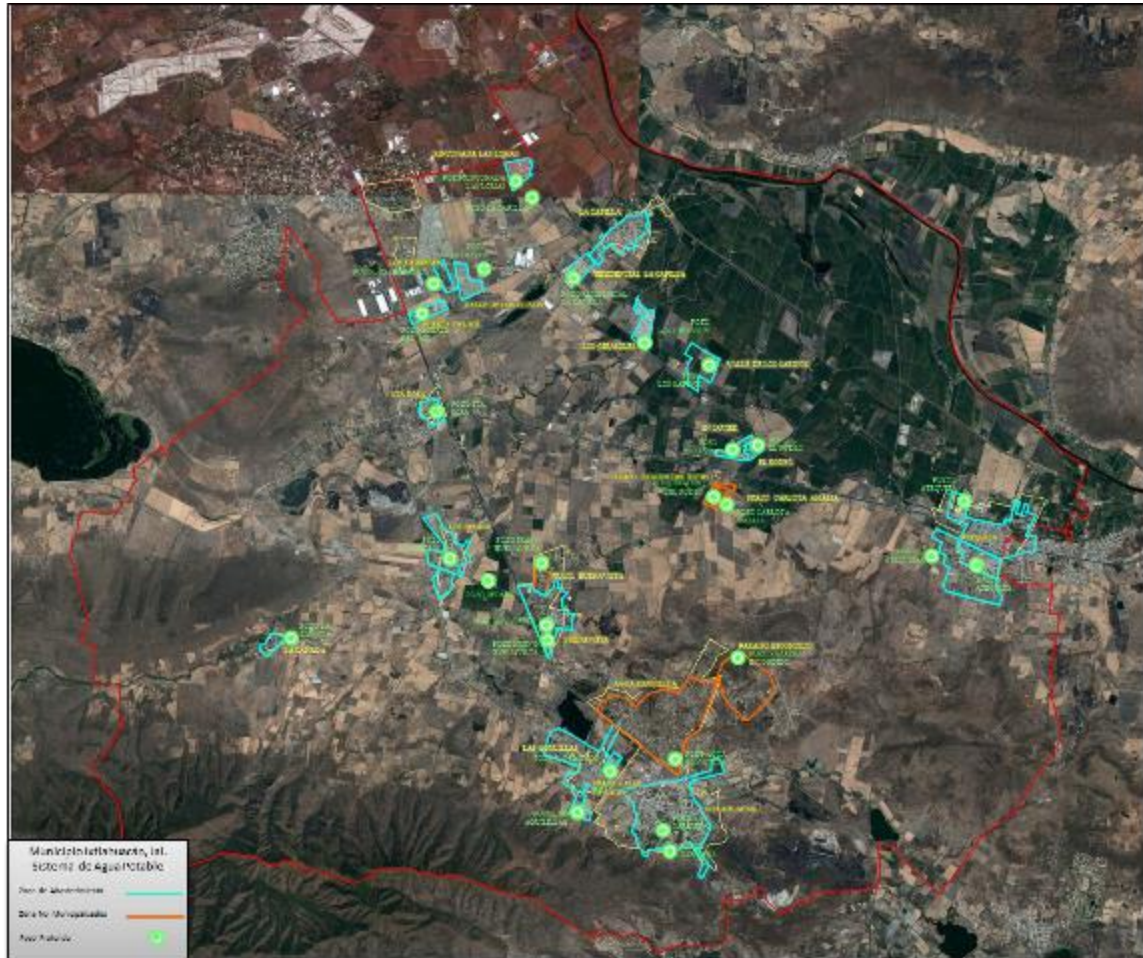
El abastecimiento de agua dentro del municipio de Ixtlahuacán de los Membrillos se lleva a cabo a partir de las aguas subterráneas del acuífero Toluquilla (1402), a través de pozos profundos. Se tiene registro de 33 pozos, de los cuales 26 son operados por el municipio y los otros 7 son operados por los comités de agua independientes que funcionan de manera autónoma, pero que reciben del municipio apoyo cuando se lo solicitan, sobre todo cuando requieren del mantenimiento de los equipos de bombeo.

En la siguiente figura se presenta un mapa del municipio con la ubicación de los pozos que operó tanto el municipio como los comités independientes para el abastecimiento de agua potable a la población que atiende cada uno de ellos en el municipio durante el año 2011.

---

<sup>9</sup> Estudio de diagnóstico integral del organismo operador de agua del municipio de Ixtlahuacán de los Membrillos, Jalisco, CEA 2011.

**Figura 2.8** Localización de las captaciones (fuentes de abastecimiento subterráneas)



Fuente: CEA Jalisco.

No se cuenta con registros históricos de los volúmenes producidos o extraídos de cada una de las fuentes de abastecimiento, por lo que se estimó el volumen producido con la relación de sus pozos con un dato de caudal extraído, el número de horas que opera al día y el número de días que operó al año.

**Cuadro 2.13** Gasto anual promedio diario extraído (2015)

No.	No. Pozos	Nombre del Pozo	Gasto Extraído (l/s)	Horas de Operación al Día	Total, m <sup>3</sup>	Gasto Medio Diario Extraído (l/s)
<b>MUNICIPALIZADOS</b>			<b>408.00</b>	<b>12</b>	<b>5,209,098</b>	<b>165.18</b>
1	1	Pozo 1 Cabecera	20.00	9.0	186,948	5.93
2	2	Pozo 2 Cabecera	26.00	9.0	243,032	7.71
3	3	Valle del Lago	7.00	12.0	87,242	2.77
4	4	Aguilillas	10.00	15.0	155,790	4.94
5	5	Pozo Nuevo Buenavista	4.00	8.0	33,235	1.05
6	6	Lavaderos	15.00	18.0	280,422	8.89
7	7	Cedros	5.00	12.0	62,316	1.98
8	8	La Cañada	20.00	12.5	259,650	8.23
9	9	Los Cedros	15.00	13.0	202,527	6.42
1	10	Santa Rosa	12.00	12.0	149,558	4.74
1	11	Puerta del Sol	20.00	3.5	72,702	2.31
1	12	Valle de los Olivos I	12.00	24.0	299,117	9.48
1	13	Valle de los Olivos II	50.00	17.0	882,810	27.99
1	14	La Capilla	17.00	24.0	423,749	13.44
1	15	Rinconada las Lomas	14.00	12.0	174,485	5.53
1	16	Valle de los Girasoles	12.00	12.0	149,558	4.74
1	17	Santa Ana de los Cedros	2.00	7.0	14,540	0.46
1	18	El Rodeo	20.0	12.0	249,264	7.90
1	19	San Javier	7.00	3.0	21,811	0.69
2	20	Pozo 1 CYTEC	14.00	13.3	192,660	6.11
2	21	Pozo 2 La Tinaja	28.00	15.0	436,212	13.83
2	22	Pozo 3 Lomas de Atequiza	15.00	12.0	186,948	5.93
2	23	Los Laureles	2.00	10.0	20,772	0.66
2	24	Valle de los Sabinos I	25.00	8.0	207,720	6.59
2	25	Valle de los Sabinos III	20.00	8.0	166,176	5.27
2	26	Residencial La Capilla	16.00	3.0	49,853	1.58
<b>NO MUNICIPALIZADOS</b>			<b>67.00</b>	<b>6.6</b>	<b>441,405</b>	<b>14.00</b>
2	1	Agua Escondida	12.00	6.0	74,779	2.37
2	2	San Mateo	6.00	12.0	74,779	2.37

No.	No. Pozos	Nombre del Pozo	Gasto Extraído (l/s)	Horas de Operación al Día	Total, m <sup>3</sup>	Gasto Medio Diario Extraído (l/s)
2	3	Lomas de la Capilla	15.00	7.0	109,053	3.46
3	4	Paraíso Escondido	10.00	7.0	72,702	2.31
3	5	Prados del Rodeo	7.00	4.0	29,081	0.92
3	6	Carlota Amalia	12.00	4.0	49,853	1.58
3	7	Fracc. Buenavista	5.00	6.0	31,158	0.99
<b>TOTAL</b>			<b>475.0</b>	<b>11</b>	<b>5,650,503</b>	<b>179.2</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA Jalisco.

Como puede observarse en la tabla anterior el volumen producido total anual (no ajustado), bajo las condiciones de operación indicadas para los 33 pozos, fue de 5,650,503 m<sup>3</sup> al año, lo que significa que el gasto medio diario extraído fue de 179 l/s.

La eficiencia de macromedición entendida ésta como el cociente del volumen registrado entre el volumen realmente extraído producto este último de la corrección o ajuste por los errores de precisión, en porcentaje, resultó de 93.53 %, lo que significa que de manera global el DAPAIM subestima o submide el volumen extraído en un 6.47%, lo cual no es correcto.

Con la eficiencia de macromedición extrapolada al total del volumen extraído de las 33 captaciones que opera el DAPAIM , se obtuvo que el volumen realmente extraído en el año 2015 fue de 6,041,482 m<sup>3</sup> al año, lo que significa que el gasto medio diario extraído fue de 191.6 l/s. A partir de la información de estudio de viabilidad técnica elaborado por la CEA en 2018, el organismo reporta un volumen extraído de 100 l/s al año.

#### II.2.2.6. CALIDAD DEL AGUA DE LAS FUENTES SUBTERRÁNEAS

De acuerdo con los análisis que se han estado realizando de manera periódica en diferentes puntos de los acuíferos del AMG, se han encontrado parámetros fuera de norma, entre los que destacan por su riesgo a la salud los siguientes:

- Arsénico
- Fierro
- Manganeseo
- Flúor
- Dureza total

Aunque aún no es un problema muy generalizado en los pozos, en el corto plazo resultaría imprescindible para el aprovechamiento de estas aguas, la construcción de sistemas de tratamiento que además de ser complejos, elevan el costo del servicio de abastecimiento y distribución.

**Cuadro 2.14** Calidad del agua de los pozos más representativos (2020).

Parámetro	Unidad	30/07/20	30/07/20	30/07/20	30/07/20	23/01/20	31/07/20	NOM-127-SSA1-1994
		POZO TOLUQUILLA 21 50000270669	POZO TOLUQUILLA 22 50000270670	POZO TOLUQUILLA 23 50000270671	POZO TOLUQUILLA 24 50000270672	POZO TOLUQUILLA 29 50000261265	POZO TOLUQUILLA 30 50000270701	
Cloro Libre Residual	mg/l	-	-	-	-	-	-	0,2 - 1,5
Temperatura	° C	30	31	30	32	32	31	
pH	pH	7.11	7.3	6.59	6.56	7.23	6.78	6,5 - 8,5
Turbiedad	UTN	0.3	0.88	2.69	0.24	1.07	<b>7.28</b>	5,0
Color Aparente	U Pt-Co	6	12	21	1	4	42	
Color Verdadero	U Pt-Co			7			12	20,0
Alcalinidad total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	840	921	1083	828	689	1126	
Dureza Calcica	mg/l CaCO <sub>3</sub>	176	182	262	158	111	156	
Dureza total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	<b>650</b>	<b>718</b>	<b>806</b>	<b>598</b>	432	<b>962</b>	500,0
Cloruros	mg/l	73	78	98	66	42	108	250,0
Oxígeno Disuelto	mg/l	0.8	3.8	1	0.8	2.2	0.6	
Conductividad	mS/m a 25°C	166.7	181.1	212.1	161.4	126.4	222.9	
Sólidos Totales Totales	mg/l	1220	1620	1440	1110	850	1490	
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	<1	<1	<1	<1	<1	1	
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	<b>1220</b>	<b>1620</b>	<b>1440</b>	<b>1110</b>	850	<b>1489</b>	1000,0
Sulfuros	mg/l	<0,1000	<0,1000	<0,1000	<0,1000	<0,1000	<0,1000	
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	0.1445	0.1305	0.1049	<0,1000	<0,1000	<0,1000	0,50

Parámetro	Unidad	30/07/20	30/07/20	30/07/20	30/07/20	23/01/20	31/07/20	NOM-127-SSA1-1994
		POZO TOLUQUILLA 21 50000270669	POZO TOLUQUILLA 22 50000270670	POZO TOLUQUILLA 23 50000270671	POZO TOLUQUILLA 24 50000270672	POZO TOLUQUILLA 29 50000261265	POZO TOLUQUILLA 30 50000270701	
Nitritos	mg/l N-NO <sub>2</sub>	0.0011	<0,0010	0.0013	0.001	<0,0010	0.0023	1,00
Nitratos	mg/l N-NO <sub>3</sub>	<0,1000	<0,1000	<0,1000	<0,1000	<0,1000	<0,1000	10,00
Fósforo Total	mg/l	0.0812	0.0862	0.0751	0.0624	0.0492	0.0646	
Sulfatos	mg/l	5.7	5.63	7.33	8.22	6.18	10.27	400,00
S.A.A.M.	mg/l	<0,1000	<0,1000	<0,1000	<0,1000	<0,1000	<0,1000	0,50
Fluoruros	mg/l	1.2843	1.1868	1.2723	1.3193	1.0293	1.1216	1,50
Aluminio	mg/l	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,20
Arsénico	mg/l	<u>0.042</u>	<u>0.031</u>	<u>0.054</u>	<u>0.046</u>	0.01	<u>0.034</u>	0.025
Bario	mg/l	0.192	0.229	0.36	0.244	0.211	0.34	0,70
Cadmio	mg/l	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,005
Cobre	mg/l	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	2,00
Cromo	mg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,05
Fierro	mg/l	<0,050	<0,050	<u>0.403</u>	<0,050	0.213	<u>0.749</u>	0,30
Manganeso	mg/l	<u>0.389</u>	<u>0.217</u>	<u>0.46</u>	<u>0.387</u>	<u>0.55</u>	<u>0.647</u>	0,15
Mercurio	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0.001
Níquel	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
Plomo	mg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,01
Sodio	mg/l	140.584	135.556	174.305	130.393	126.019	166.475	200



Parámetro	Unidad	30/07/20	30/07/20	30/07/20	30/07/20	23/01/20	31/07/20	NOM-127-SSA1-1994
		POZO TOLUQUILLA 21 50000270669	POZO TOLUQUILLA 22 50000270670	POZO TOLUQUILLA 23 50000270671	POZO TOLUQUILLA 24 50000270672	POZO TOLUQUILLA 29 50000261265	POZO TOLUQUILLA 30 50000270701	
Zinc	mg/l	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	5,0
Coliformes Totales	UFC/100 ml	<u>32</u>	N.D	<u>12</u>	<u>6</u>	<u>416</u>	N.D	No Detectable
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	No Detectable
Opera intermitentemente	Pozo 18	<u>2017</u> <u>Fecha de último análisis realizado, reportado por Sub. Laboratorios</u>						
Operando	Pozo 19	<u>2017</u> <u>Fecha de último análisis realizado, reportado por Sub. Laboratorios</u>						
No productivo	Pozo 20	<u>2014</u> <u>Fecha de último análisis realizado, reportado por Sub. Laboratorios</u>						

Fuente: Elaboración a partir de información de la CEA Jalisco.

En virtud de lo anterior, existen pozos que actualmente no están cumpliendo con la norma NOM-127-SSA1-1994 Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

## II.2.3 FUENTES SUPERFICIALES

### II.2.3.1 LAGO DE CHAPALA

El Lago de Chapala es el lago natural más grande de México. Está a 1,524 metros sobre el nivel del mar, y a 42 kilómetros al sur de la ciudad de Guadalajara. Su superficie es 1,112 km<sup>2</sup> y el área de captación es de 53,500 km<sup>2</sup>, la longitud del Lago de Chapala es de 76 km de largo por 18 km de ancho. El lago forma parte de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago.

El Lago de Chapala actualmente tiene una superficie total de 114,659 ha, de los cuales Jalisco ocupa el 86% y Michoacán el 14%; tiene una profundidad media de 8 metros a la cota 97.80 (1,523.80 msnm); con un almacenamiento máximo de 7,897 Mm<sup>3</sup> (CEA).

El Lago de Chapala es actualmente la principal fuente de abastecimiento del AMG, ya que aporta aproximadamente el 53% del agua que es requerida en los ocho municipios.

**Foto 2.1** Lago de Chapala.



Fuente: Google Earth.

Durante los últimos 21 años, el Lago de Chapala ha aportado en promedio 5.83 m<sup>3</sup>/s.

**Cuadro 2.15** Gasto promedio anual aportado del Lago de Chapala.

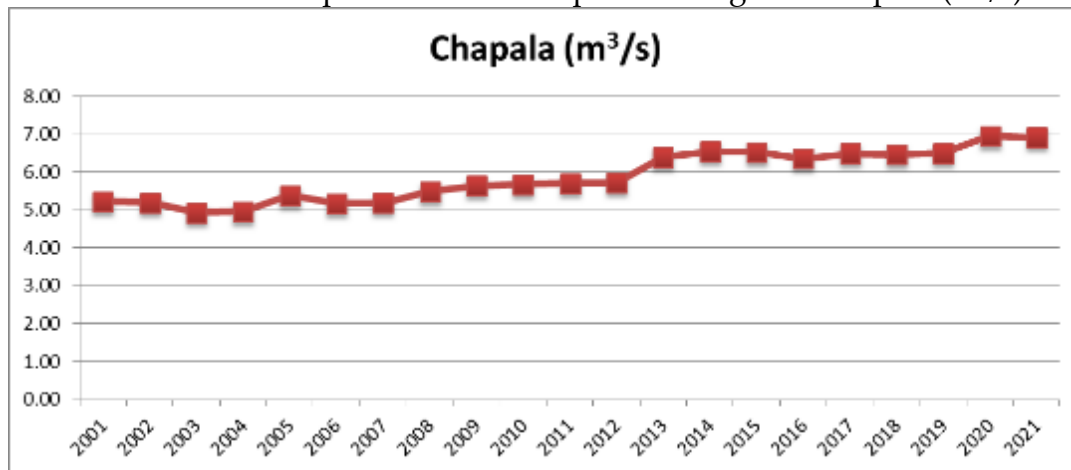
Producción (m <sup>3</sup> /s)	
2001	5.22
2002	5.20
2003	4.93
2004	4.96
2005	5.38
2006	5.18
2007	5.19
2008	5.49
2009	5.63
2010	5.68

Producción (m³/s)	
2011	5.71
2012	5.72
2013	6.40
2014	6.54
2015	6.53
2016	6.35
2017	6.49
2018	6.47
2019	6.50
2020	6.95
2021	6.91
PROMEDIO	5.88

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SIAPA.

Lo anterior se observa en el siguiente gráfico.

**Gráfica 2.1** Gasto promedio anual aportado Lago de Chapala (m³/s)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CONAGUA.

Actualmente el agua que se extrae del Lago de Chapala se conduce a través de dos canales construidos para tal efecto: Las Pintas y Chapala-Guadalajara. El canal Las Pintas data del año 1956 y parte del municipio de Ocotlán, este canal es a cielo abierto y tiene una longitud de 56 km. A

partir del año 1991 se integró a la conducción del agua extraída el canal Chapala-Guadalajara, integrado por un sistema de bombeo ubicado en Chapala, para posteriormente acceder a un acueducto con una longitud de 42.6 km. El agua de ambos canales llega en bloque a la Planta Potabilizadora Numero 1 (PP1) “Ing. Adolfo Guzmán Méndez” ubicada en Miravalle, y a la Planta Potabilizadora Numero 2 (PP2) “Ing. David Gutiérrez Carvajal” ubicada en Las Huertas.

**Figura 2.9** Líneas de conducción de agua en bloque del Lago de Chapala

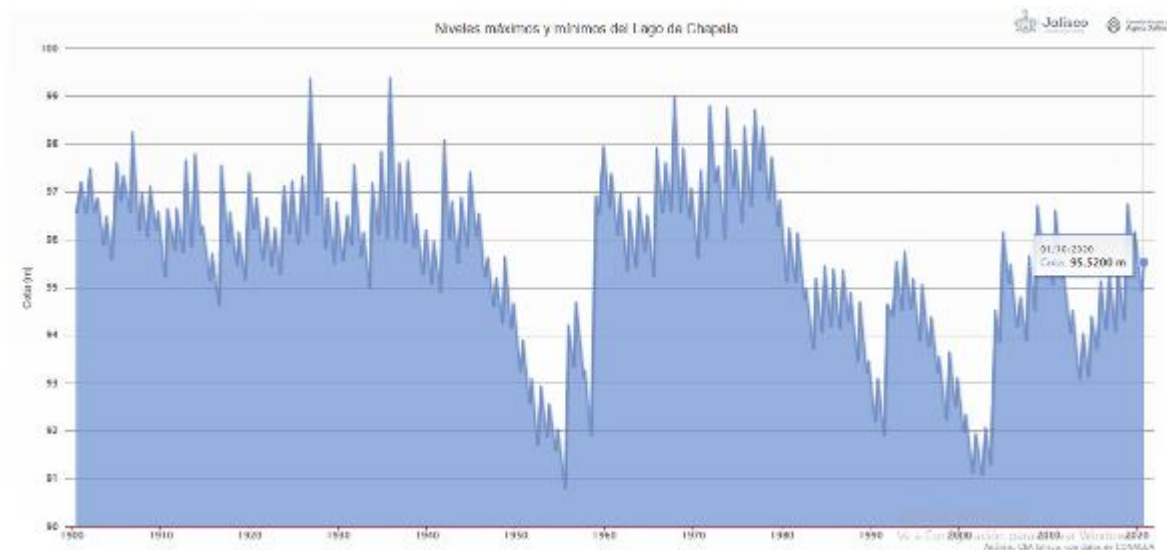


**Fuente:** CEA Jalisco.

Al Lago de Chapala, se le ha ido extrayendo menos agua de manera gradual, esto en parte derivado de la poca recuperación que ha tenido el Lago, principalmente ocasionada por la evaporación, el incremento del uso del agua para riego agrícola y en una menor medida la extracción para el abastecimiento de agua potable.

Para medir el nivel de almacenamiento y sus variaciones, se utiliza como referencia la cota<sup>10</sup>. El almacenamiento máximo registrado desde 1900 a la fecha fue en septiembre de 1926, con 9,663 Mm<sup>3</sup> (cota 99.33), el almacenamiento mínimo se registró en junio de 1955 con 954 Mm<sup>3</sup> (cota 90.80) y el almacenamiento promedio en este periodo es 5,463 Mm<sup>3</sup> (cota 95.65). En la siguiente gráfica se puede apreciar las cotas máximas y mínimas reportadas para el Lago de Chapala.

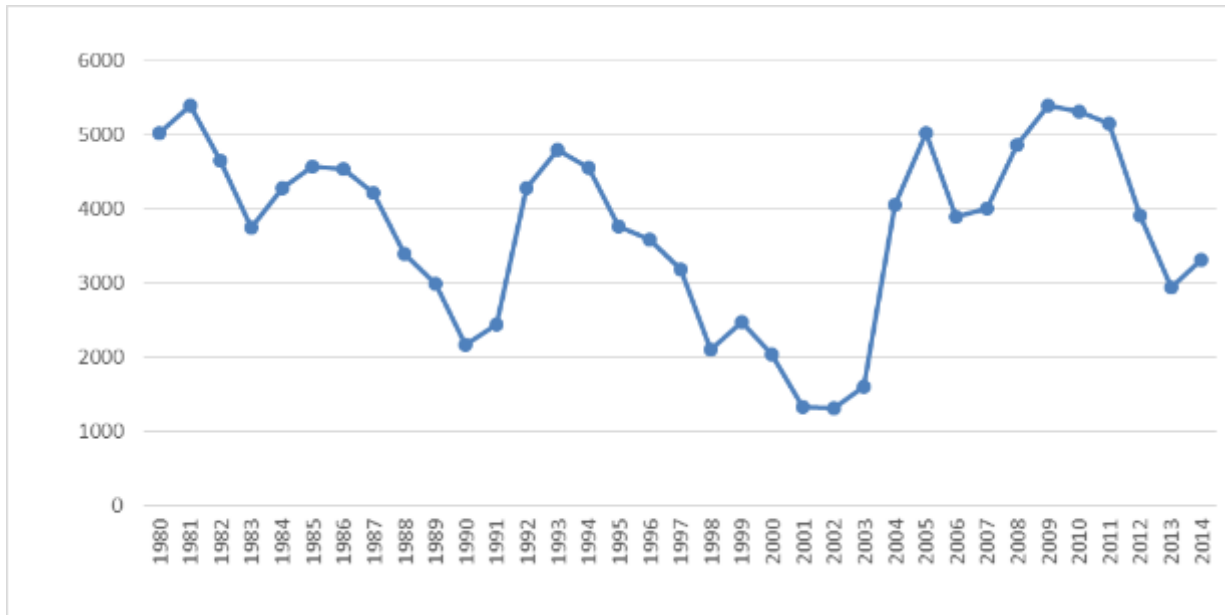
**Gráfica 2.2** Cotas del Lago de Chapala 1900-2020



Fuente: CEA Jalisco.

<sup>10</sup> Para medir el nivel del lago se usa una cota arbitraria establecida por el Ingeniero Luis P. Ballesteros en 1910, tomando un punto fijo situado en el antiguo puente del Cuitzeo, sobre el Río Santiago, a la entrada de la población de Ocotlán. A ese punto se le asignó la cota 100.00 que equivale a 1,526.80 metros sobre el nivel del mar (msnm). En 1981, la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SARH) estableció una nueva equivalencia a la cota de Ballesteros ajustándola 80 centímetros para quedar en 1,526 msnm. Por lo que la capacidad máxima del lago quedó establecida en la cota 97.80 (1,523.80 msnm), con una profundidad máxima de 8 metros y un almacenamiento máximo de 7,897 Mm<sup>3</sup>.

**Gráfica 2.3** Volúmenes de almacenamiento del Lago de Chapala 1980-2014 (millones de m<sup>3</sup>)



Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA Jalisco.


Como se observa, la fuente más importante de abastecimiento del Área Metropolitana de Guadalajara presenta variaciones muy importantes en su almacenamiento, lo cual implica complicaciones importantes durante muchos años para el abastecimiento de agua potable, al grado de haberse presentado emergencias de consideración, tanto por el ciclo histórico del agua en la zona como por el crecimiento de la demanda.

A raíz de la crisis que se comienza a sufrir por el Lago, la CONAGUA implementó a partir del año 1999 medidas administrativas para realizar trasvases de otras presas de la misma cuenca, con el objetivo de solventar parte de la recarga requerida para Chapala. Sin embargo, este tipo de medidas no son sostenibles en el tiempo y se prevé que el comportamiento del Lago seguirá siendo a la baja, al igual que su cota de extracción con comportamiento cíclico. En los años 1999, 2001 y 2002 se requirió realizar trasvases de emergencia desde otras cuencas hacia el Lago de Chapala con la finalidad de incrementar el volumen y sostener



la extracción de este. En la siguiente figura se muestran los volúmenes trasvasados durante las emergencias.

**Figura 2.10** Traslases realizados al Lago de Chapala

TRASVASES		
		
Año	Volumen	Aport-Lago
1999 (Nov-Dic)	200 Mm <sup>3</sup>	170 Mm <sup>3</sup>
2001 (Nov-Dic)	171 Mm <sup>3</sup>	145 Mm <sup>3</sup>
2002 (Abr-May)	99 Mm <sup>3</sup>	75 Mm <sup>3</sup>
		<b>408 Mm<sup>3</sup></b>

Fuente: CONAGUA.

Respecto a los trasvases, si bien se logró durante los periodos o ciclos 1999 - 2000, 2000–2001, 2001–2002, 2002 e inclusive posteriormente en 2003, trasvases que en promedio le representaron al lago de Chapala entradas adicionales de aproximadamente 150 a 170 Hm<sup>3</sup> en promedio por agua trasvasada, con motivo del nuevo convenio de coordinación y concertación celebrado entre el ejecutivo federal y los ejecutivos de los estados de Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán y Querétaro y los representantes de los usuarios de los usos público urbano, pecuario, agrícola, industrial, acuícola, y servicios para llevar a cabo el programa sobre la disponibilidad, distribución, y usos de las aguas superficiales de propiedad nacional del área geográfica Lerma Chapala, aprobado en el 2005, *se deja de posibilitar la negociación de trasvases*, sobre la base de que dependiendo de la aplicación de la política óptima definida como la política utilizable en la cláusula quinta del propio convenio, que en



función de la restricción de volúmenes a utilizar conforme a las reglas y fórmulas acordadas para determinación de volúmenes por autorizar a cada usuario vinculado al comportamiento lluvia escurrimiento de cada ciclo, provocará que se realicen los derrames directos de las presas de aquellos volúmenes que sobrepasen los niveles de operación máximos normales de las presas, y por ende se evitarán sobre almacenamientos por arriba de tales niveles y que pudiera haber volúmenes disponibles para trasvasar.

En este sentido, se identifica una preocupación por parte de las autoridades involucradas en el manejo sustentable del Lago de Chapala, así como de los usuarios por los riesgos inherentes a depender de una fuente de abasto que presenta ciclos de esta naturaleza.

A pesar de lo anterior, tanto las autoridades de la CEA como del SIAPA señalan que un adecuado manejo de las fuentes de extracción permitirá seguir extrayendo en promedio un volumen de 5.88 m<sup>3</sup>/s para el AMG, el cual corresponde al promedio descrito, aunque corre el riesgo de que sin tener los trasvases, los cuales son muy complicados de obtener desde las otras cuencas, el suministro del AMG se afecte seriamente.

Por lo anterior, el cuidado de este cuerpo de agua es indispensable. El Lago de Chapala al ser la fuente principal de abastecimiento del AMG, ha sido detonante para conciliar las reglas de distribución de las aguas superficiales de la cuenca Lerma – Chapala que representan el manejo sustentable de la cuenca en bien de la preservación del lago de Chapala.

En estas reglas de operación se establece el formulario que permite determinar cuánta agua le corresponde a cada uno de los usuarios de la cuenca, y que determinan que el máximo volumen asignado a Guadalajara del propio lago no será mayor a 240 millones de metros cúbicos anuales. Es importante destacar que a pesar del volumen

asignado máximo al AMG (7.61 Hm<sup>3</sup>), éste depende de la disponibilidad del Lago y en el periodo analizado no se ha tenido la viabilidad hídrica de aprovechar dicha asignación.

El formulario se estableció en función de la modelación que se seleccionó para optimizar los usos en función de la abundancia o escasez de la cuenca y de que asegure la preservación del lago de Chapala.

El formulario y antecedentes se pueden corroborar en la publicación del DOF del 8 de abril de 2014 que da a conocer el *“DECRETO por el que por causas de interés público se suprimen las vedas existentes en la subregión hidrológica Lerma-Chapala, y se establece zona de veda en las 19 cuencas hidrológicas que comprende dicha subregión hidrológica”*<sup>11</sup>.

### Acueducto Chapala-Guadalajara

Para la conducción del agua del Lago de Chapala al AMG, se utiliza el denominado *Acueducto Chapala Guadalajara*. Esta infraestructura data de principios de los años 80, ya que su construcción inició en 1984 y se terminó en 1991. Fue diseñado para transferir 7.5 m<sup>3</sup>/s del lago de Chapala, mediante una planta de bombeo para vencer una carga total de 138 m, longitud de 42.4 kilómetros y diámetro de 2.1 m, de ellos 26 km, son línea de impulsión con origen en la Planta de Bombeo, el resto es conducción por gravedad que inicia en el tanque de cambio de régimen localizado en el kilómetro 26.

Es de destacar que, asociado a su antigüedad y a sus 30 años de operación permanente, día a día, por no disponer de infraestructura alternativa que

---

<sup>11</sup> Ver estudio de Factibilidad Técnica para consulta del Decreto Completo.

permita suspender su servicio, no ha sido posible dar el mantenimiento correspondiente a la línea de impulsión.

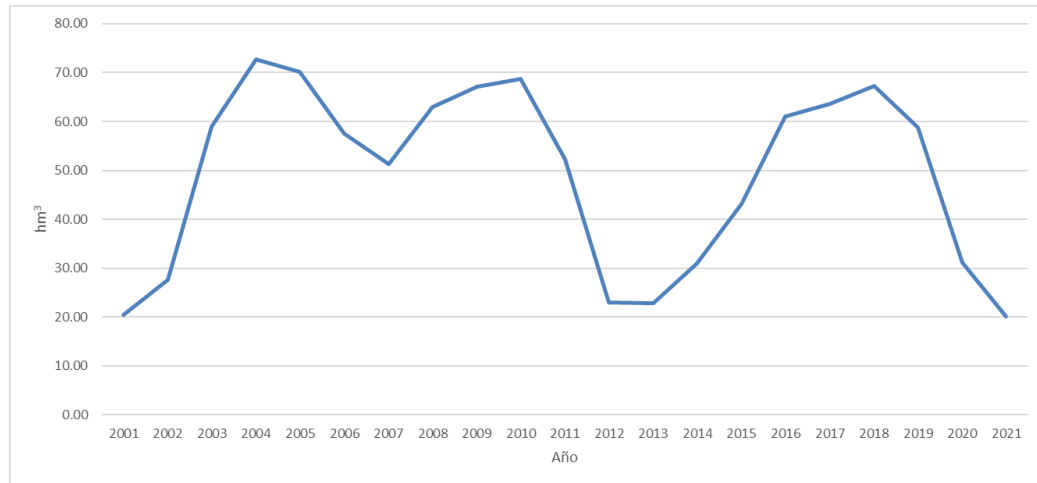
Sumado a lo anterior, como consecuencia de bombear agua cruda del Lago de Chapala, toda vez que la potabilización se proporciona en las Plantas Potabilizadoras ubicadas en el área urbana de Guadalajara, se generan incrustaciones en la tubería, lo que afecta tanto al diámetro efectivo de la tubería como el coeficiente de rugosidad, lo que en conjunto con la pérdida de eficiencia de los equipos de bombeo reduce el aporte.

#### II.2.3.2 PRESA ELÍAS GONZÁLEZ CHÁVEZ (PRESA CALDERÓN)

La segunda fuente superficial más importante que abastece al AMG es la presa Elías González Chávez (EGC), también conocida como Presa Calderón por estar asentada sobre el cauce del río Calderón. Se encuentra ubicada en el municipio de Acatic; cuenta con una capacidad de almacenamiento de 80 Hm<sup>3</sup> y se encuentra a 1,625 m.s.n.m. Esta presa se comenzó a construir en el año 1989 y se concluyó la obra civil en 1991, iniciando operaciones en ese mismo año; el área de embalse de esta presa es de aproximadamente 1,000 ha.

En la siguiente gráfica se muestra el nivel de almacenamiento durante los últimos 21 años, por lo que puede observarse que presenta variaciones significativas, lo que no permite disponer de esta fuente con cierto nivel de certeza.

**Gráfica 2.4 Almacenamiento promedio de la presa EGC (hm<sup>3</sup>)**



Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA Jalisco.

Por lo que respecta al sistema Calderón, el agua es conducida a través de un acueducto de 31 km de largo con 1.83 m de diámetro y un gasto de diseño de 3 m<sup>3</sup>/s. Al principio del acueducto se cuenta con una válvula para la regulación del gasto que se conduce hasta un tanque receptor.

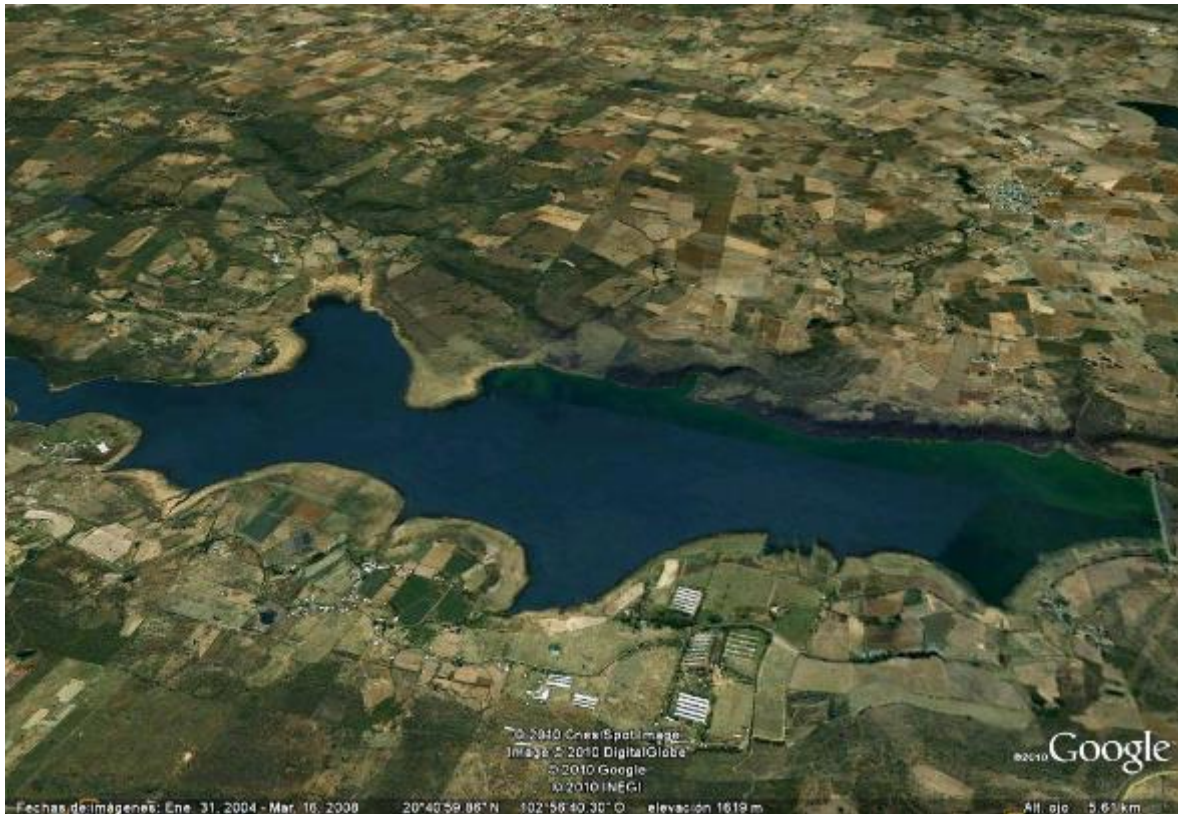
Figura 2.11 Ubicación de las fuentes de abastecimiento



Fuente: SIAPA.

En la siguiente foto se muestra la ubicación de la presa Ing. Elías González Chávez, en el Municipio de Acatic.

**Foto 2.2** Vista aérea de la Presa Elías González Chávez.



**Fuente:** Google Earth.

Como segunda fuente de abastecimiento superficial de abasto aporta a la un gasto promedio durante los últimos 21 años de 0.93 m<sup>3</sup>/s.

**Cuadro 2.16** Gasto promedio anual aportado por la presa Elías González Chávez

	Producción (m <sup>3</sup> /s)
2001	0.32
2002	0.22
2003	0.90
2004	1.23



Producción (m³/s)	
2005	1.18
2006	1.21
2007	1.08
2008	1.07
2009	1.01
2010	0.94
2011	1.05
2012	0.84
2013	0.36
2014	0.80
2015	0.88
2016	1.06
2017	1.16
2018	1.16
2019	1.31
2020	1.34
2021	0.45
<b>Promedio</b>	<b>0.93</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SIAPA.

El agua que se aprovecha de la presa EGC, cuyo volumen histórico es de aproximadamente 0.93 m³/s, se conduce por medio de gravedad en forma directa a la Planta Potabilizadora San Gaspar (PP3) a través de un acueducto de aproximadamente 31 km de largo, con una capacidad nominal de diseño de 1.5 m³/s que es utilizado según la disponibilidad de agua en la presa.

La tubería de concreto presforzado de 1.8 m y 1.5 m de diámetro opera desde 1991 (hace 30 años).

Este sistema si bien fue diseñado para operar 1.5 m³/s, por la variabilidad del ciclo hidrológico en los últimos años sólo ha aportado en promedio 930 litros por segundo.

La presa EGC sólo se ha llenado en 4 años desde el inicio de su operación en 1991 a la fecha, lo que representa que en realidad esta fuente de abastecimiento sólo puede proporcionar un gasto firme equivalente a menos de 1 m<sup>3</sup>/s.

Como puede observarse, el año 2021 fue complejo debido al estiaje lo que redujo en más de 50% su aportación respecto al promedio anual, motivo por el cual el SIAPA implementó un programa emergente para entregar agua a través de pipas, en coordinación con los ayuntamientos del Área Metropolitana de Guadalajara a fin de mitigar las afectaciones por la temporada de estiaje y los bajos niveles de la Presa Calderón.

El programa contempló el servicio sin costo para los usuarios, en particular a las colonias en el área de influencia de la Planta Potabilizadora número 3 (San Gaspar), que da servicio principalmente a la zona norte y oriente de la ciudad. Los principales características del programa fueron las siguientes:

- Costo total del servicio de camiones pipas \$72,125,000.00 con IVA (incluye combustible, choferes, vehículos, agua, etc.).
- Volumen entregado según pipas de distintos tamaños: 441,881,012 litros
- Periodo: cuatro meses
- Población atendida: 400,000 habitantes en 159 colonias.

#### *Operación del AMG como un sistema*

Como se indicó en la descripción de las diferentes fuentes de abastecimiento, las fuentes subterráneas funcionan como un sistema general de acuíferos para abastecer a los diferentes municipios del área



de influencia, especialmente considerando los acuíferos de Toluquilla y Atemajac que son los que se consideran con un mayor nivel de uso y con un mayor nivel de sobre explotación, por lo que cualquier disminución en la explotación o dejar de sobre explotarlos en el futuro permitirá tener un menor decremento en la calidad y en la disminución de los niveles de abatimiento.

Las fuentes superficiales solo se pueden centrar en el SIAPA para la ZMG debido a la distancia con los otros municipios, además de la concentración de la población.

Lo anterior implica que las fuentes que entren a la AMG son benéficas para todos los municipios del AMG debido a que comparten los acuíferos para el abastecimiento de agua potable.

Para efectos de distribución, el proyecto incluye la construcción del ramal Sur para la distribución del caudal en la zona del proyecto.

### *Cobertura*

La cobertura del servicio de abastecimiento de agua potable en el AMG asciende a 98.5%<sup>12</sup>, el cual, dado que es elevado, se contemplará sin cambios en el horizonte de estudio. Este valor es un promedio ponderado considerando el dato publicado por cada municipio del AMG respecto de viviendas habitadas y disponibilidad del servicio de agua potable.

---

<sup>12</sup> Censo de Población y Vivienda 2020.

## II.2.4 OFERTA SUSTENTABLE<sup>13</sup>

Para la adecuada evaluación del proyecto, debe manejarse el esquema de oferta sustentable para que realmente sea un caudal viable de proyectarse en el horizonte de evaluación, ya que hacer una proyección con un caudal producto de la sobre explotación es proyectar un problema existente y agravarlo en el largo plazo.

Para su obtención, se realiza de la siguiente forma.

### 1.- Consulta de la información oficial

Se utilizan las publicaciones del Diario Oficial de la Federación (DOF) sobre la disponibilidad de agua en los acuíferos, las cuales parten de un análisis que realiza la CONAGUA.

En primera instancia realiza estudios técnicos en donde analiza los fenómenos meteorológicos de precipitación y escurrimientos para determinar las aportaciones específicas de los recursos hídricos al acuífero, y por otro lado utiliza las extracciones del REPDA para determinar el volumen que se extrae, para posteriormente realizar el balance y determinar si existe disponibilidad, equilibrio o sobre explotación.

Las publicaciones con las que se cuenta sobre la disponibilidad se resumen en la siguiente tabla.

**Cuadro 2.17** Recarga y balance de los acuíferos el AMG (Hm<sup>3</sup> y m<sup>3</sup>/s)

---

<sup>13</sup> El presente apartado se contempla de conformidad con el *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Metodologías de Evaluación Socioeconómica y Estructuración de Proyectos de Inversión (Agua Potable, Alcantarillado, Saneamiento, Mejoramiento de Eficiencia y Protección a Centros de Población)* publicado por la CONAGUA (2015).

Acuífero	2007		2009		2013	
	Recarga	Balance	Recarga	Balance	Recarga	Balance
Atemajac (Hm³)	147.3000	-1.4131	147.3000	-5.4499	147.3000	-12.3932
m³/s	4.6709	-0.0448	4.6709	-0.1728	4.6709	-0.3930
Toluquilla (Hm³)					49.1000	-72.4304
m³/s					1.5570	-2.2968
Cajititlán (Hm³)	41.0000	10.7841	47.5000	-1.0905	47.5000	-16.3350
m³/s	1.3001	0.3420	1.5062	-0.0346	1.5062	-0.5180
TOTAL (Hm³)		9.3710		-6.5404		-101.1585
TOTAL (m³/s)		0.2972		-0.2074		-3.2077

Acuífero	2015		2018		2020	
	Recarga	Balance	Recarga	Balance	Recarga	Balance
Atemajac (Hm³)	147.3000	-11.0913	147.3000	-11.5088	147.3000	-12.0383
m³/s	4.6709	-0.3517	4.6709	-0.3649	4.6709	-0.3817
Toluquilla (Hm³)	49.1000	-72.3181	49.1000	-73.0958	49.1000	-75.6535
m³/s	1.5570	-2.2932	1.5570	-2.3179	1.5570	-2.3990
Cajititlán (Hm³)	47.5000	-15.2636	47.5000	-18.1446	47.6000	-16.2179
m³/s	1.5062	-0.4840	1.5062	-0.5754	1.5094	-0.5143
TOTAL (Hm³)		-98.6730		-102.7493		-103.9097
TOTAL (m³/s)		-3.1289		-3.2582		-3.2950

Nota: Un valor negativo en la columna de balance representa un déficit debido a que la recarga fue menor a la extracción. Un valor positivo representa un superávit.

**Fuente:** Elaboración propia con información del Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican, publicado por la CONAGUA en el Diario Oficial de la Federación en los años 2007, 2009, 2013, 2015, 2018, 2020.

## 2.- Análisis de la disponibilidad

Los tres acuíferos de la zona de proyecto presentan déficit, es decir que su extracción de los diferentes usuarios es mayor a la recarga que se presenta.

En particular, del acuífero Atemajac se observa que sigue un deterioro creciente en el déficit que presenta llegando actualmente a 381 l/s, mientras que el de Toluquilla (que no tenía una publicación previa al 2013), tiene un déficit de 2.40 m<sup>3</sup>/s. El caso del acuífero de Cajititlán ha tenido un incremento significativo, ya que en el año 2007 tenía inclusive disponibilidad, y actualmente llega a un déficit de 514 l/s.

Lo anterior implica que en estos recursos hídricos existe una sobre explotación de 3.295 m<sup>3</sup>/s.

### 3.- Determinación de la sobre explotación de los acuíferos

Estos acuíferos son para usos urbano y no urbano (agrícola principalmente), por lo que, en base en el caudal del uso público urbano, se puede estimar la parte proporcional del déficit. Con base en la publicación del 2020, se conoce el total del déficit y el volumen asignado de cada uno de ellos.

**Cuadro 2.18** Volumen asignado de los acuíferos Toluquilla y Atemajac

Acuífero	2020		Volumen
	Recarga	Balance	Asignado
<b>Toluquilla</b>	49.10	-75.65	119.62
<b>Atemajac</b>	147.30	-12.04	133.09
<b>Cajititlán</b>	47.60	-16.22	63.61
<b>Total</b>		-103.91	<b>316.32</b>

Fuente: Elaboración propia con información del DOF 2020.

De acuerdo con el déficit y la recarga, se puede obtener el volumen asignado en cada acuífero, el cual da un total de 316.32 Hm<sup>3</sup>, con un déficit total de 103.91 Hm<sup>3</sup> en los tres acuíferos.

Como se había indicado, de acuerdo con los datos de la CEA, el aprovechamiento urbano de agua subterránea histórico es de 2.76 m<sup>3</sup>/s.

#### 4.- Determinación de la sobre explotación por tipo de usuario

El volumen explotado para uso público urbano es el siguiente.

**Cuadro 2.19** Gasto promedio anual extraído de los acuíferos Toluquilla y Atemajac (m<sup>3</sup>/s)

	Producción (m <sup>3</sup> /s)
2001	2.88
2002	2.86
2003	2.80
2004	2.51
2005	2.51
2006	2.82
2007	2.90
2008	2.78
2009	2.69
2010	2.82
2011	2.82
2012	2.68
2013	2.76
2014	2.58
2015	2.58
2016	2.80
2017	2.87
2018	2.93
2019	2.90
2020	2.70
2021	2.72
<b>Promedio</b>	<b>2.76</b>

**Fuente:** Elaboración propia a partir de datos de CEA Jalisco.

De la asignación total de 316.32 Hm<sup>3</sup> y sabiendo que el público-urbano es de 87.03 Hm<sup>3</sup>, se obtiene que los otros usos son de 229.29 Hm<sup>3</sup>, lo que representa en el público urbano el 27.5% de la extracción total.

**Cuadro 2.20** Volumen explotado urbano y no urbano de los acuíferos

Uso	Volumen (Hm <sup>3</sup> )	Proporción
<b>Volumen Urbano</b>	86.97	27.5%
<b>Volumen otros usos</b>	229.35	72.5%
<b>Total</b>	316.32	100%

**Fuente:** Elaboración propia a partir de datos de CEA Jalisco.

## 5.- Determinación del caudal sustentable por tipo de usuario

Por lo anterior, con los porcentajes de cada tipo de usuario y conociendo el déficit de 103.91 Hm<sup>3</sup>, se puede obtener la parte proporcional que se sobre explota de los acuíferos.

El decremento considerado por cada tipo de usuario se le resta al volumen explotado actual para obtener el volumen sustentable de cada uno.

**Cuadro 2.21** Volumen y gasto sustentable urbano y no urbano de los acuíferos

Uso	Volumen (Hm <sup>3</sup> )	Proporción	Disminución	Volumen Sustentable	Caudal sustentable (m <sup>3</sup> /s)
<b>Volumen Urbano</b>	86.97	27.5%	-28.57	58.40	1.852
<b>Volumen otros usos</b>	229.35	72.5%	-75.34	154.01	4.884

**Fuente:** Elaboración propia a partir de datos de CEA Jalisco.

Por lo anterior, la extracción media en el sector urbano debe disminuir de 2.76 m<sup>3</sup>/s a 1.852 m<sup>3</sup>/s para garantizar sustentabilidad. Para llevar a cabo la reducción en la extracción de 0.906 m<sup>3</sup>/s, los pozos que deberían ser clausurados corresponden al acuífero Toluquilla, en virtud de que, de acuerdo con el diagnóstico, es la fuente que presenta la mayor sobreexplotación, así como problemas de metales pesados y minerales en el agua extraída.

Se reitera que esta es una medida para darle sustentabilidad a la extracción de fuentes subterráneas, pues no es viable mantener en el largo plazo un volumen de extracción superior al de recarga de los pozos.

## II.2.5 PROYECCIÓN DE LA OFERTA ACTUAL.

Una vez analizado los sistemas de producción, se puede resumir el registro histórico en la siguiente tabla.

**Cuadro 2.22** Producción en la situación actual (m<sup>3</sup>/s , 2021)

Fuente	Gasto medio diario (m <sup>3</sup> /s)
Lago de Chapala	6.91
Presa Elías González Chávez	0.45
Subterráneas (SIAPA)	2.72
Subterráneas (municipios)	1.456
Total	11.02

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 2.23** Gasto promedio anual abastecido por las fuentes del SIAPA (m<sup>3</sup>/s)

	Chapala	Calderón	Subterránea	Subtotal
2001	5.22	0.32	2.88	8.42
2002	5.20	0.22	2.86	8.28
2003	4.93	0.90	2.80	8.63
2004	4.96	1.23	2.51	8.70
2005	5.38	1.18	2.51	9.07
2006	5.18	1.21	2.82	9.21
2007	5.19	1.08	2.90	9.17
2008	5.49	1.07	2.78	9.35
2009	5.63	1.01	2.69	9.32
2010	5.68	0.94	2.82	9.43
2011	5.71	1.05	2.82	9.58
2012	5.72	0.84	2.68	9.24
2013	6.40	0.36	2.76	9.53

	Chapala	Calderón	Subterránea	Subtotal
2014	6.54	0.80	2.58	9.92
2015	6.53	0.88	2.58	10.00
2016	6.35	1.06	2.80	10.21
2017	6.49	1.16	2.87	10.52
2018	6.47	1.16	2.93	10.56
2019	6.50	1.31	2.90	10.70
2020	6.95	1.34	2.70	10.99
2021	6.91	0.45	2.72	10.08
Promedio	5.88	0.93	2.76	9.57

Fuente: Elaboración propia.

Estas fuentes comprenden la ZMG, por lo que para tomar la totalidad del AMG hay que tomar los otros 4 municipios, de los cuales no se tiene un registro histórico ni medición de los caudales de producción, excepto los valores obtenidos de los Diagnósticos Integrales de Planeación (DIP) del 2011 para estas localidades así como datos puntuales para el año 2018, por lo que, al no tener más información determinada en estos municipios, se considerará que estos valores son representativos de la situación actual.

**Cuadro 2.24** Gasto promedio anual abastecido por las fuentes de los municipios conurbados en 2020 (m<sup>3</sup>/s)

Municipio	Gasto de extracción (m <sup>3</sup> /s)
Tlajomulco de Zúñiga	0.423
El Salto	0.053
Desarrollos habitacionales	0.141
Usuarios autoabastecidos	0.665
Juanacatlán	0.074
Ixtlahuacán de los Membrillos	0.100
<b>TOTAL</b>	<b>1.456</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada por organismos operadores .

Para la proyección de la oferta de la situación actual, se considera que el promedio de las fuentes del SIAPA puede ser representativo de la oferta dado



el número de años con los que se cuenta, aunque puede estar sobre valorada debido a las disminuciones drásticas que llega a tener de forma cíclica y que se seguirán presentando e inclusive incrementando debido a las condiciones en las que se está deteriorando el Lago de Chapala y los acuíferos de la zona. Especialmente si no existen fuentes alternas a las actuales. Por tal motivo, deberán considerarse aspectos de sustentabilidad en las proyecciones.

Con respecto a los pozos del AMG se utilizará a futuro el valor estimado de explotación sustentable mientras que para el resto de las fuentes subterráneas se considerará el promedio histórico.

En lo que corresponde a pérdidas físicas en el sistema, el SIAPA presenta la siguiente información.

Para el caso del SIAPA, se tiene la siguiente información.

**Cuadro 2.25** Porcentaje de pérdidas físicas

	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Eficiencia</b>	64.1%	72.8%	71.6%	67.6%	66.2%
<b>Pérdidas físicas</b>	35.9%	27.4%	28.4%	32.4%	33.8%
	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Eficiencia</b>	66.4%	64.1%	63.3%	63.1%	61.7%
<b>Pérdidas físicas</b>	33.8%	32.3%	33.2%	33.0%	33.9%

Fuente: Elaboración propia a partir de información del SIAPA.

Se observa que el SIAPA ha logrado disminuir ligeramente el nivel de pérdidas físicas en el sistema. A partir de ello, la proyección de la oferta de la situación actual queda de la siguiente forma.

**Cuadro 2.26** Proyección de la oferta en la situación actual (l/s)

	Pozos SIAPA	Presa EGC	Lago de Chapala	Municipios	Producción total	Oferta
<b>2021</b>	2,698	932	5,878	1,456	10,963	6,768

	Pozos SIAPA	Presa EGC	Lago de Chapala	Municipios	Producción total	Oferta
2022	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2023	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2024	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2025	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2026	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2027	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2028	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2029	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2030	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2031	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2032	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2033	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2034	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2035	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2036	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2037	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2038	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2039	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2040	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2041	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2042	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2043	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2044	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2045	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2046	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2047	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2048	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2049	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2050	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2051	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245
2052	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,245

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA Jalisco y SIAPA.

### II.3 ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL.

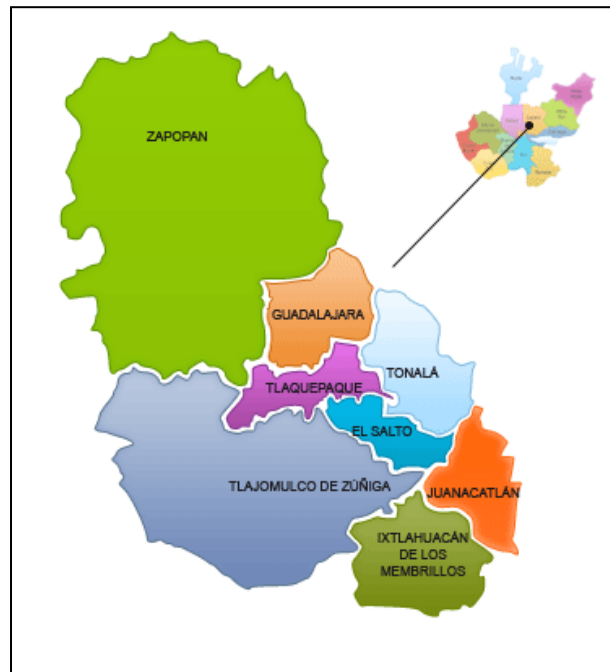
La Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) se encuentra en el Área centro del estado de Jalisco y está conformada por los municipios de Guadalajara, Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan, y representa uno de los centros urbanos más importantes del país, tanto por el tamaño de su población con 4.2 millones habitantes, como por el conjunto de actividades económicas, sociales y culturales que se desarrollan en la zona. Territorialmente el crecimiento de esta zona ha experimentado un proceso de integración urbana con los municipios de El Salto, Ixtlahuacán de los Membrillos, Juanacatlán y Tlajomulco de Zúñiga (este último, es uno de los municipios con mayor crecimiento poblacional del País y el número uno en Jalisco en crecimiento poblacional) por lo que se ha denominado a este conjunto como el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG).

De esta forma, el AMG se integra por 8 municipios, que para el año 2019 tienen una población estimada de 5.0 millones de habitantes, es la más poblada junto con el Área Metropolitana de Monterrey (ZMM) y por debajo de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

El AMG cuenta con 48 localidades según el INEGI, de todas ellas la localidad más poblada es la de Guadalajara con poco más de 1.5 millones de habitantes, dicha localidad es la única del municipio homónimo, siendo este último junto con Juanacatlán los municipios con menor cantidad de localidades (solo una), Tlajomulco de Zúñiga cuenta con 21 localidades, Tonalá con 4, Tlaquepaque con 2, Zapopan con 9, El Salto con 6 e Ixtlahuacán de los Membrillos con 3.

En el mapa 2.1 se presenta la localización geográfica respecto del estado de Jalisco.

**Mapa 2.1** Estado de Jalisco y Área Metropolitana de Guadalajara



Fuente: Elaboración propia.

El Área Metropolitana de Guadalajara ocupa en total una extensión territorial de 2,734 km<sup>2</sup>, representando el 3.4% de la superficie total de estado. El AMG limita al norte con los municipios de Tequila y San Cristóbal de la Barranca; al este con Ixtlahuacán del Río, Zapotlanejo y Zapotlán del Rey; al oeste con Amatitán, El Arenal, Tala y Acatlán de Juárez y por último, al sur con los municipios de Jocotepec, Chapala y Poncitlán.

### II.3.1 POBLACIÓN

Para la proyección de la población se utilizaron los datos del último censo del Consejo Nacional de Población (CONAPO) para los 8 municipios, obteniéndose lo siguiente.

**Cuadro 2.27 Población del AMG**

MUNICIPIO	Tasa de crecimiento CONAPO	Proyección total de la población
2020		5,178,586
2021	0.96%	5,228,535
2022	0.92%	5,276,812
2023	0.88%	5,323,435
2024	0.85%	5,368,439
2025	0.81%	5,411,842
2026	0.77%	5,453,712
2027	0.74%	5,494,032
2028	0.71%	5,532,848
2029	0.67%	5,570,157
2030	0.64%	5,605,983
2031	0.61%	5,640,304
2032	0.58%	5,673,151
2033	0.55%	5,704,520
2034	0.52%	5,734,388
2035	0.49%	5,762,750
2036	0.47%	5,789,602
2037	0.44%	5,814,943
2038	0.41%	5,838,731
2039	0.38%	5,860,952
2040	0.35%	5,881,584
2041	0.32%	5,900,601
2042	0.30%	5,918,012
2043	0.27%	5,933,775
2044	0.24%	5,947,880
2045	0.21%	5,960,352
2046	0.18%	5,971,190
2047	0.15%	5,980,393
2048	0.13%	5,987,983
2049	0.10%	5,993,945

MUNICIPIO	Tasa de crecimiento CONAPO	Proyección total de la población
2050	0.07%	5,998,297
2051	0.07%	6,002,652
2052	0.07%	6,007,010

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CONAPO y resultados de la Encuesta Intercensal 2015 INEGI.

Para la proyección a nivel municipal se tomó en cuenta la misma tasa de CONAPO y se aplicó al dato obtenido del Censo de Población y Vivienda 2020 para cada municipio del AMG.

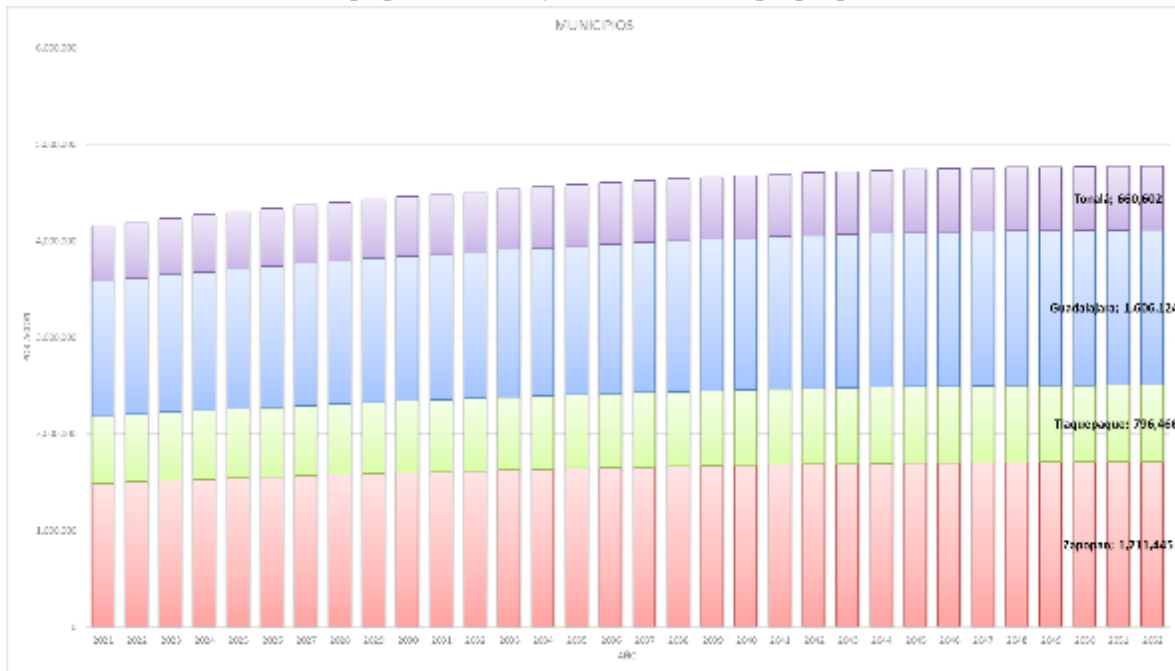
**Cuadro 2.28** Proyección de la población del AMG (2020-2051)

MUNICIPIO	Guadalajara	Zapopan	Tlaquepaque	Tonalá	Tlajomulco de Zúñiga	Ixtlahuacán de los Membrillos	Juanacatlán	El Salto
2020	1,385,629	1,476,491	687,127	569,913	727,750	67,969	30,855	232,852
2021	1,398,994	1,490,732	693,754	575,410	734,769	68,625	31,153	235,098
2022	1,411,911	1,504,496	700,160	580,723	741,553	69,259	31,441	237,269
2023	1,424,386	1,517,789	706,346	585,854	748,105	69,871	31,719	239,365
2024	1,436,428	1,530,620	712,317	590,807	754,429	70,462	31,987	241,389
2025	1,448,041	1,542,995	718,076	595,583	760,528	71,032	32,246	243,341
2026	1,459,244	1,554,933	723,631	600,191	766,412	71,582	32,495	245,224
2027	1,470,033	1,566,429	728,981	604,628	772,078	72,111	32,735	247,037
2028	1,480,419	1,577,496	734,132	608,900	777,533	72,620	32,966	248,782
2029	1,490,402	1,588,133	739,082	613,006	782,776	73,110	33,188	250,460
2030	1,499,988	1,598,347	743,836	616,949	787,811	73,580	33,401	252,071
2031	1,509,172	1,608,133	748,390	620,726	792,634	74,030	33,605	253,614
2032	1,517,961	1,617,498	752,748	624,341	797,250	74,461	33,801	255,091
2033	1,526,354	1,626,442	756,910	627,793	801,658	74,873	33,988	256,502
2034	1,534,346	1,634,958	760,873	631,080	805,855	75,265	34,166	257,845
2035	1,541,935	1,643,045	764,636	634,201	809,841	75,637	34,335	259,120
2036	1,549,120	1,650,701	768,199	637,156	813,615	75,989	34,495	260,327
2037	1,555,901	1,657,926	771,561	639,945	817,176	76,322	34,646	261,466

MUNICIPIO	Guadalajara	Zapopan	Tlaquepaque	Tonalá	Tlajomulco de Zúñiga	Ixtlahuacán de los Membrillos	Juanacatlán	El Salto
2038	1,562,266	1,664,708	774,717	642,563	820,519	76,634	34,788	262,536
2039	1,568,212	1,671,044	777,665	645,008	823,642	76,926	34,920	263,535
2040	1,573,732	1,676,926	780,403	647,279	826,541	77,197	35,043	264,463
2041	1,578,820	1,682,348	782,926	649,372	829,214	77,447	35,156	265,318
2042	1,583,478	1,687,312	785,236	651,288	831,661	77,676	35,260	266,101
2043	1,587,696	1,691,806	787,327	653,023	833,876	77,883	35,354	266,810
2044	1,591,470	1,695,828	789,199	654,575	835,858	78,068	35,438	267,444
2045	1,594,807	1,699,384	790,854	655,947	837,611	78,232	35,512	268,005
2046	1,597,707	1,702,474	792,292	657,140	839,134	78,374	35,577	268,492
2047	1,600,169	1,705,098	793,513	658,153	840,427	78,495	35,632	268,906
2048	1,602,200	1,707,262	794,520	658,988	841,494	78,595	35,677	269,247
2049	1,603,795	1,708,962	795,311	659,644	842,332	78,673	35,713	269,515
2050	1,604,959	1,710,203	795,888	660,123	842,944	78,730	35,739	269,711
2051	1,606,124	1,711,445	796,466	660,602	843,556	78,787	35,765	269,907
2052	1,607,290	1,712,688	797,044	661,082	844,168	78,844	35,791	270,103

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CONAPO e INEGI.

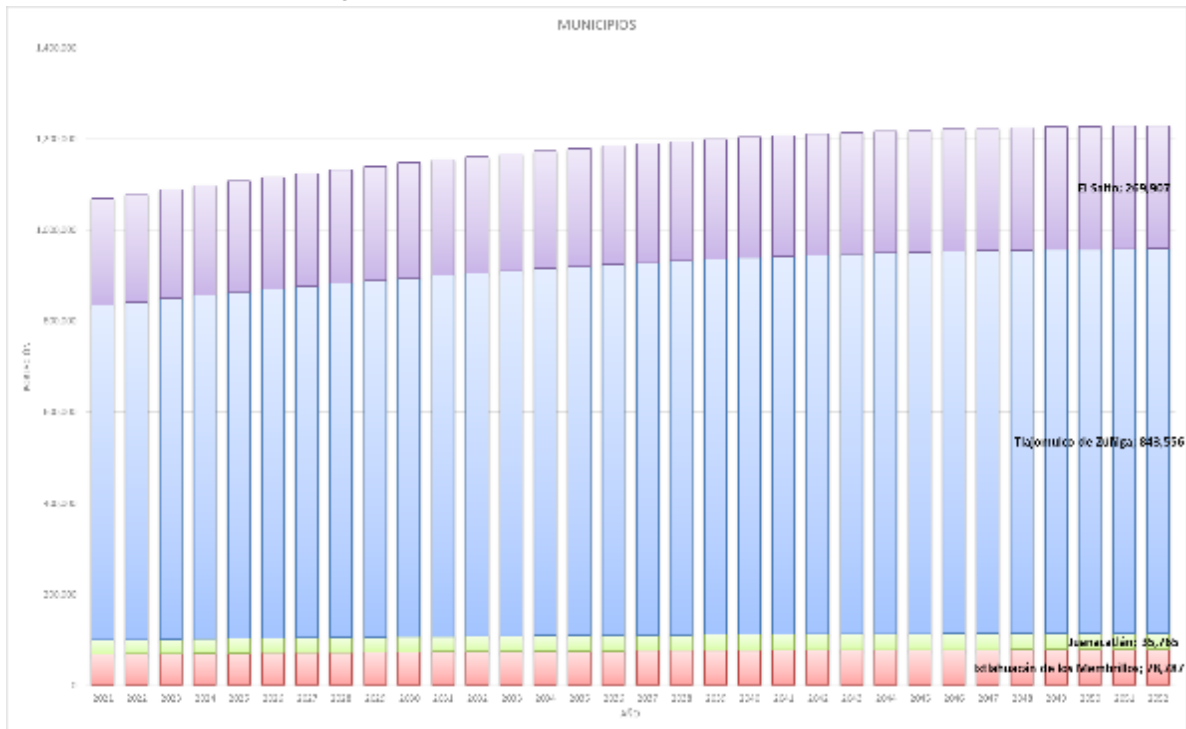
**Gráfica 2.5** Proyección de población total para municipios del AMG: Guadalajara, Zapopan, Tonalá y San Pedro Tlaquepaque



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CONAPO e INEGI.

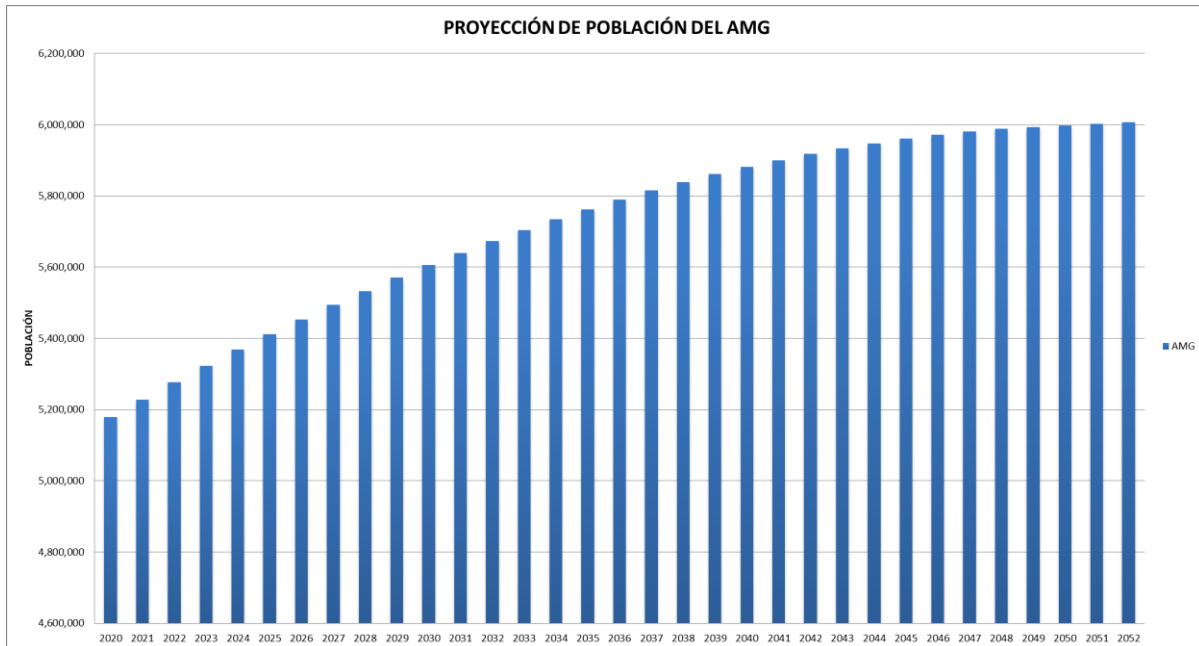


**Gráfica 2.6** Proyección de población total para municipios del AMG: El Salto, Tlajomulco de Zúñiga, Juanacatlán e Ixtlahuacán de los Membrillos



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CONAPO e INEGI.

**Gráfica 2.7** Proyección de la población en el Área Metropolitana de Guadalajara al 2051



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CONAPO e INEGI.

Al utilizar la misma tendencia, se hizo la proyección hacia el año 2052. Por lo anterior, se tiene una población al 2021 estimada de 5.2 millones de habitantes y se estima que llegue a 6.0 millones de habitantes al año 2052, que es el horizonte de evaluación.

### II.3.2 CONSUMOS

El consumo deseable del sistema de agua potable para la población del AMG es la cantidad de agua en toma que está dispuesta a consumir la población bajo un esquema de no restricción en la oferta, con medición y pago y considerando las tarifas vigentes.

Debido a la escasez del agua, el consumo actual del sector doméstico en los últimos años no es representativo de la demanda, como se observa en la siguiente tabla.

**Cuadro 2.29** Promedio del consumo doméstico de agua potable (l/hab/día)

CONSUMOS HISTÓRICOS	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Consumo doméstico (l/hab/día)</b>	114.4	112.5	109.4	109.0	107.6

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA.

El cual es muy bajo para este tipo de población.

Como resultado de los valores promedio de consumo observados, durante el año 2015, la CEA Jalisco realizó encuestas en la población atendida en el AMG a efecto de determinar el nivel de tandeo en la población y cómo afectaba a la población en sus decisiones de consumo.

Resultado del levantamiento realizado, se obtuvo que 42.3% de la población detectaba periodos de tandeo, es decir, se quedaban sin servicio de agua potable, lo que los obliga almacenar agua en tambos (en el caso de usuarios de ingreso bajo) y mediante tinacos y cisternas (para los usuarios de ingreso medio y alto). Esto deriva en que la población se ve en la necesidad de solicitar servicios de pipas para complementar el abasto de agua potable. Se hace notar que el consumo de agua en pipas no es generalizado, pero ante la escasez y la incertidumbre sobre el abasto, se tienen estos consumos adicionales.

Para dimensionar el proyecto, se decidió considerar un consumo deseable de agua potable para la población del AMG, para lo cual se consultó el estudio de “Estimación de factores y funciones de la demanda de agua potable en el sector doméstico en México”, (CONAGUA, 2012), el cual en primera instancia son valores de referencia para usarse cuando no se cuenta con datos de medición en la zona de estudio, del cual se tienen los siguientes datos.

**Cuadro 2.30** Promedio del consumo de agua potable estimado (m<sup>3</sup>/toma/mes y l/habitante/día) según clima predominante y nivel socioeconómico\*

Clima	Nivel socioeconómico			Subtotal por clima
	Bajo	Medio	Alto	
Consumo en litros por habitante al día				
Cálido Húmedo	198	206	243	201
Cálido Subhúmedo	175	203	217	191
Seco o Muy Seco	184	191	202	190
Templado o Frío	140	142	145	142
Subtotal por nivel de ingreso	177	183	194	182

(\*) Los niveles socioeconómicos están determinados con base en una clasificación por AGEB.

Fuente: Encuesta sobre el consumo de agua potable en los hogares (CONAGUA 2012).

A partir de la función de demanda y considerando las tarifas vigentes se determinó un valor de demanda deseada en 174.4 l/hab/día. Este valor es la referencia de consumo si hubiera libre disponibilidad de agua para consumir a las tarifas vigentes.

### II.3.2.1 USUARIOS NO DOMÉSTICOS

Para el cálculo de los usuarios no domésticos, se tomaron en primera instancia los datos del SIAPA, el cual tiene tipificados tres diferentes tipos de usuarios no domésticos.

**Cuadro 2.31** Usuarios no domésticos del SIAPA (tomas)

Año	Tomas comerciales	Tomas industriales	Tomas Públicas/Gobierno
<b>2011</b>	85,885	3,601	4,414
<b>2012</b>	87,731	3,614	4,551
<b>2013</b>	88,727	3,533	4,673
<b>2014</b>	89,180	3,503	4,721
<b>2015</b>	90,508	3,464	4,772
<b>2016</b>	91,238	3,432	4,676

Año	Tomas comerciales	Tomas industriales	Tomas Públicas/Gobierno
2017	92,643	3,406	4,694
2018	93,445	3,402	4,779
2019	94,064	3,375	4,805
2020	94,412	3,367	4,809

Fuente: Elaboración propia a partir de información del SIAPA.

De los consumos facturados se obtuvieron los consumos unitarios por tipo de toma.

**Cuadro 2.32** Consumos de los usuarios no domésticos del SIAPA

Consumos de agua potable SIAPA		
Tomas comerciales	18.36	m³/toma/mes
Tomas industriales	130.55	m³/toma/mes
Tomas públicas	229.35	m³/toma/mes

Nota: El consumo promedio de tomas comerciales e industriales se consideró con valor reportado en el año 2020 debido a que presenta una tendencia decreciente. Para las tomas públicas se consideró el promedio del periodo 2011-2020)

Fuente: Elaboración propia a partir de información del SIAPA.

Para la proyección de las tomas se analizaron los crecimientos históricos de las tomas, para lo cual se estimó una tasa ponderada considerando los usuarios con servicio medido y los usuarios con cuota fija. En el siguiente cuadro se presentan los valores obtenidos.

**Cuadro 2.33** Crecimiento histórico de los usuarios no domésticos del SIAPA

Año	Tomas comerciales	Tomas industriales	Tomas Públicas/Gobierno
2012	1.81%	0.59%	2.18%
2013	1.04%	-2.35%	1.18%
2014	0.49%	-0.60%	0.39%
2015	1.37%	-1.25%	0.61%
2016	1.03%	-1.22%	0.28%
2017	1.66%	-1.65%	0.75%

Año	Tomas comerciales	Tomas industriales	Tomas Públicas/Gobierno
2018	0.86%	0.52%	0.79%
2019	0.75%	-0.84%	0.38%
2020	0.43%	-0.42%	0.21%
Promedio	1.05%	-0.80%	0.75%

Fuente: Elaboración propia a partir de información del SIAPA.

Para la proyección de crecimiento se consideraron las tasas promedio para los últimos 10 años. Para el caso de las tomas no domésticas de los otros municipios, de acuerdo con los datos de los Diagnósticos Integrales de Planeación realizados por la CEA en 2011 y la información entregada por los organismos operadores, se presentan los siguientes datos.

**Cuadro 2.34** Usuarios no domésticos de los municipios conurbados y consumos promedio (2020)

Tomas no domésticas otros municipios				14,517
El Salto				163
Tlajomulco				14,301
Ixtlahuacán de los Membrillos				39
Juanacatlán				14
Consumos de agua potable otros municipios (2020)				
El Salto		31.11	m <sup>3</sup> /toma/mes	
Tlajomulco		31.11	m <sup>3</sup> /toma/mes	
Ixtlahuacán de los membrillos		31.11	m <sup>3</sup> /toma/mes	
Juanacatlán		31.11	m <sup>3</sup> /toma/mes	

Fuente: Elaboración propia a partir de información de los DIP e información de organismos.

Con la información anterior se calculó el volumen de agua demandado por los usuarios no domésticos. Para el cálculo total se multiplicó el consumo promedio en metros cúbicos/toma/mes por el número de tomas. La estimación se hizo diferenciando el valor de los municipios atendidos por el SIAPA y el resto de los municipios del AMG.

**Cuadro 2.35 Tomas y consumos de usuarios no domésticos (2020)**

AMG			2020
<b>Tomas no domésticas otros municipios</b>			<b>14,517</b>
El Salto			163
Tlajomulco			14,301
Ixtlahuacán de los membrillos			39
Juanacatlán			14
<b>Consumos de agua potable otros municipios (l/s)</b>			<b>171.9</b>
El Salto	31.11	m3/toma/mes	2
Tlajomulco	31.11	m3/toma/mes	169
Ixtlahuacán de los membrillos	31.11	m3/toma/mes	0
Juanacatlán	31.11	m3/toma/mes	0.2
<b>Tomas no domésticas SIAPA</b>			<b>85,299</b>
TOMAS COMERCIALES			78,646
TOMAS INDUSTRIALES			3,199
TOMAS PÚBLICAS			3,454
<b>Consumos de agua potable SIAPA (l/s)</b>			<b>1,010</b>
TOMAS COMERCIALES	18.36	m3/toma/mes	549
TOMAS INDUSTRIALES	130.55	m3/toma/mes	159
TOMAS PÚBLICAS	229.35	m3/toma/mes	301
<b>TOTAL (l/s)</b>			<b>1,182</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de información de CEA Jalisco, SIAPA y organismos municipales.

### II.3.2.2 AGUA NO CONTABILIZADA Y PÉRDIDAS FÍSICAS

En México se considera el término de *Agua no contabilizada* para incluir todo lo referente a las pérdidas físicas ocasionadas por fugas, usuarios clandestinos y errores o falta de medición, principalmente.

En lo que corresponde a usuarios no medidos, se dispone de la siguiente información derivada del Diagnóstico Integral de Planeación del SIAPA.

**Cuadro 2.36** Tomas de usuarios con cuota fija

Año	Tomas domésticos	Tomas comerciales	Tomas industriales	Tomas Públicas/Gobierno	Total
2011	93,658	14,257	189	1,168	109,272
2012	104,027	15,318	193	1,242	120,780
2013	112,615	15,703	187	1,337	129,842
2014	118,758	15,830	189	1,377	136,154
2015	128,484	16,405	185	1,411	146,485
2016	128,291	15,966	179	1,289	145,725
2017	128,351	15,877	165	1,279	145,672
2018	130,816	16,019	173	1,345	148,353
2019	134,844	15,868	171	1,359	152,242
2020	130,132	15,766	168	1,355	147,421

Fuente: Elaboración propia a partir de información del SIAPA.

### II.3.2.3 CÁLCULO DE LA DEMANDA ACTUAL

De conformidad con los datos descritos y el valor de demanda deseada se obtiene la demanda total para el año 2021.

**Cuadro 2.37** Demanda actual del AMG (año 2021)

DATOS DEL AMG		2021
<b>Población</b>		5,228,535
<b>Cobertura</b>		98.5%
<b>Población servida AMG</b>		5,150,470
<b>CONSUMO DOMÉSTICO (l/s)</b>		<b>10,396</b>



DATOS DEL AMG		2021
CONSUMOS NO DOMÉSTICOS (l/s)		<b>1,191</b>
DEMANDA TOTAL (l/s)		<b>11,586</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA Jalisco.

#### II.3.2.4 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA ACTUAL

Con estos datos, se obtiene una proyección de la demanda actual a partir del año 2021 siendo de 11.6 m<sup>3</sup>/s que se estima llegue a 13.5 m<sup>3</sup>/s en el año 2052.

**Cuadro 2.38** Proyección de Demanda de la Situación Actual del AMG.

	Población	Tasa de cre.	Cobertura	Población servida AMG	Demanda doméstico (l/s)	Demanda no domésticos (l/s)	Demanda total (l/s)
2020	5,178,586	1.01%	98.5%	5,101,267	10,296	1,182	11,478
2021	5,228,534	0.96%	98.5%	5,150,470	10,396	1,191	11,586
2022	5,276,811	0.92%	98.5%	5,198,026	10,492	1,200	11,691
2023	5,323,436	0.88%	98.5%	5,243,953	10,584	1,209	11,793
2024	5,368,440	0.85%	98.5%	5,288,285	10,674	1,218	11,892
2025	5,411,842	0.81%	98.5%	5,331,040	10,760	1,228	11,988
2026	5,453,711	0.77%	98.5%	5,372,285	10,843	1,237	12,080
2027	5,494,033	0.74%	98.5%	5,412,003	10,923	1,247	12,170
2028	5,532,851	0.71%	98.5%	5,450,239	11,001	1,256	12,257
2029	5,570,160	0.67%	98.5%	5,486,991	11,075	1,266	12,341
2030	5,605,986	0.64%	98.5%	5,522,282	11,146	1,276	12,422
2031	5,640,308	0.61%	98.5%	5,556,091	11,214	1,286	12,501
2032	5,673,155	0.58%	98.5%	5,588,448	11,280	1,297	12,576
2033	5,704,525	0.55%	98.5%	5,619,348	11,342	1,307	12,649
2034	5,734,394	0.52%	98.5%	5,648,770	11,401	1,318	12,719
2035	5,762,757	0.49%	98.5%	5,676,709	11,458	1,328	12,786
2036	5,789,609	0.47%	98.5%	5,703,160	11,511	1,339	12,850
2037	5,814,951	0.44%	98.5%	5,728,123	11,561	1,350	12,911
2038	5,838,738	0.41%	98.5%	5,751,555	11,609	1,361	12,970

	Población	Tasa de cre.	Cobertura	Población servida AMG	Demanda doméstico (l/s)	Demanda no domésticos (l/s)	Demanda total (l/s)
2039	5,860,959	0.38%	98.5%	5,773,445	11,653	1,372	13,025
2040	5,881,591	0.35%	98.5%	5,793,769	11,694	1,384	13,078
2041	5,900,608	0.32%	98.5%	5,812,502	11,732	1,395	13,127
2042	5,918,018	0.30%	98.5%	5,829,653	11,766	1,407	13,173
2043	5,933,780	0.27%	98.5%	5,845,180	11,798	1,418	13,216
2044	5,947,887	0.24%	98.5%	5,859,075	11,826	1,430	13,256
2045	5,960,358	0.21%	98.5%	5,871,361	11,851	1,442	13,293
2046	5,971,195	0.18%	98.5%	5,882,037	11,872	1,454	13,327
2047	5,980,397	0.15%	98.5%	5,891,102	11,890	1,467	13,357
2048	5,987,989	0.13%	98.5%	5,898,579	11,906	1,479	13,385
2049	5,993,951	0.10%	98.5%	5,904,452	11,917	1,492	13,409
2050	5,998,302	0.07%	98.5%	5,908,739	11,926	1,505	13,431
2051	6,002,657	0.07%	98.5%	5,913,029	11,935	1,517	13,452
2052	6,007,010	0.07%	98.51%	5,917,321	11,943	1,530	13,474

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA Jalisco.

## II.4 INTERACCIÓN DE LA OFERTA-DEMANDA

Una vez que se consideran ambos escenarios de proyección en la oferta y la demanda acorde a los supuestos de cada apartado, el balance obtenido es el siguiente.

**Cuadro 2.39** Proyección del Balance Oferta-Demanda de la Situación Actual del AMG.

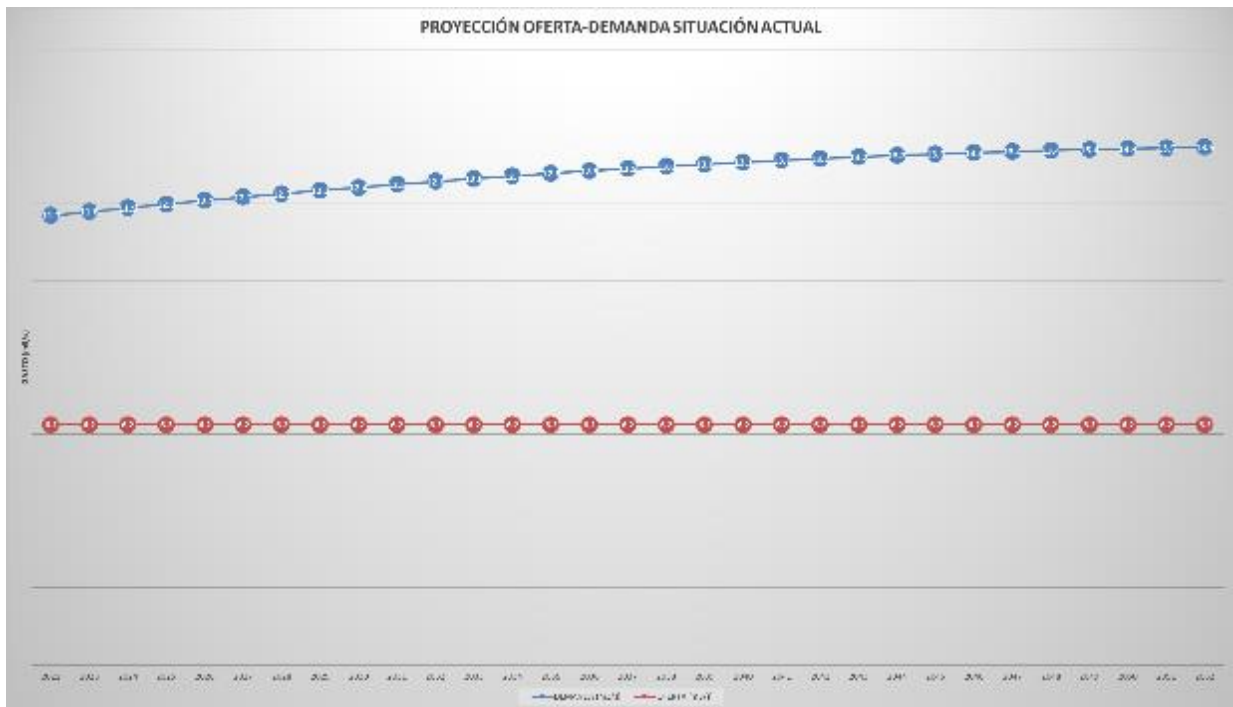
AMG	DEMANDA TOTAL (LPS)	OFERTA TOTAL (l/s)	BALANCE (l/s)
2021	11,586	6,768	-4,819
2022	11,691	6,245	-5,446
2023	11,793	6,245	-5,548
2024	11,892	6,245	-5,646

AMG	DEMANDA TOTAL (LPS)	OFERTA TOTAL (l/s)	BALANCE (l/s)
2025	11,988	6,245	-5,742
2026	12,080	6,245	-5,835
2027	12,170	6,245	-5,925
2028	12,257	6,245	-6,012
2029	12,341	6,245	-6,096
2030	12,422	6,245	-6,177
2031	12,501	6,245	-6,255
2032	12,576	6,245	-6,331
2033	12,649	6,245	-6,404
2034	12,719	6,245	-6,474
2035	12,786	6,245	-6,541
2036	12,850	6,245	-6,605
2037	12,911	6,245	-6,666
2038	12,970	6,245	-6,724
2039	13,025	6,245	-6,780
2040	13,078	6,245	-6,832
2041	13,127	6,245	-6,881
2042	13,173	6,245	-6,928
2043	13,216	6,245	-6,971
2044	13,256	6,245	-7,011
2045	13,293	6,245	-7,047
2046	13,327	6,245	-7,081
2047	13,357	6,245	-7,112
2048	13,385	6,245	-7,139
2049	13,409	6,245	-7,164
2050	13,431	6,245	-7,185
2051	13,452	6,245	-7,207
2052	13,474	6,245	-7,228

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA Jalisco.

El déficit esperado en el año 2021 es de 4.8 m<sup>3</sup>/s y se estima que llegue a 7.2 m<sup>3</sup>/s al final del horizonte de evaluación. En la gráfica se observa el déficit a lo largo de todo el periodo estudiado.

**Gráfica 2.8** Proyección del Balance Oferta-Demanda de la Situación Actual del AMG (l/s).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CEA Jalisco.

### III. SITUACIÓN SIN EL PPI

En esta sección se incluye la situación esperada en ausencia del proyecto de inversión y se analizan las optimizaciones, las cuales son medidas de bajo costo o proyectos en marcha que permitan optimizar la situación actual al reducir el déficit en la demanda.

#### III.1 OPTIMIZACIONES.

Para la evaluación del proyecto, se debe analizar la situación sin proyecto que corresponde a la situación actual más las optimizaciones, las cuales corresponden a acciones de bajo costo (se consideran opciones que representen el 10% del monto de inversión del proyecto analizado) o proyectos en marcha que permitan no adjudicar beneficios al proyecto que no le correspondan.

Es importante mencionar que desde 2013 se tiene en marcha la construcción de acciones de abastecimiento para la AMG pero que por problema presupuestarios y sociales se han detenido.

A fin de tener los derechos de asignación para el aprovechamiento de aguas superficiales, conforme a lo previsto en la Ley de Aguas Nacionales, la CEA Jalisco está gestionando el Título que ampare un volumen de 23.97 hectómetros cúbicos anuales, teniendo como punto de extracción en la obra de toma de la Presa el Salto. Estos volúmenes provendrán del decreto publicado el 7 de abril de 1995 y reformado el 17 de noviembre de 1997, con el que se declaró la reserva de las aguas nacionales superficiales del río Verde para usos doméstico y público urbano, por un volumen anual máximo de 372.14 hectómetros cúbicos, para el estado de Jalisco.

Ahora bien, derivado del mismo decreto, mediante el Título de Concesión número 08JAL155095/12HAOC15, la Comisión Nacional del Agua asignó en 2015 a la CEA Jalisco un volumen anual de 176.60 hectómetros cúbicos. Para que este volumen asignado se traduzca en beneficio para los habitantes del Área Metropolitana de

Guadalajara, se requiere la conclusión del Sistema de Bombeo Purgatorio-Arcediano, que para su funcionamiento depende de los almacenamientos contruidos aguas arriba, específicamente de las presas el Salto y Zapotillo; debido a la alta variabilidad hidrológica de la cuenca del Río Verde.

Por otra parte, el SIAPA tiene en proceso diversas acciones para mejorar la eficiencia operativa. En este momento se tiene a nivel de propuesta un programa de mejoramiento de eficiencias conforme se señala en el cuadro 3.1.

**Cuadro 3.1** Programa de Inversión para Mejora de Eficiencia (millones de pesos de 2022)

• ACCION	Millones de pesos
Programa de sectorización	735.0
Sustitución de medidores	98.4
Instalación de medidores	287.8
• TOTAL	1,121.2

Fuente: SIAPA

Aunque este programa tiene un monto superior a la definición de optimización para el análisis, al ser un programa que está en análisis para su implementación, se consideró viable incorporarlo, no sin omitir que en este momento busca cumplir con el criterio de definir un escenario de evaluación. A continuación se describen sus componentes.

#### Programa de Sectorización

El programa considera 583 sectores en cuatro municipios: Guadalajara, Tlaquepaque, Zapopan y Tonalá.

Derivado de que es muy extensa el área de atención del SIAPA en el AMG (cerca de 650 km<sup>2</sup>), es una imperiosa necesidad llevar acabo un seccionamiento de las redes para hacer una distribución más eficiente y controlada del agua que se entrega a la ciudadanía.

Se incluye la instalación de equipos de macro-medición, en el ingreso de los seccionamientos, a fin de incrementar el control respecto al agua que ingresa al sector y la que se distribuye, se mide en las viviendas y posteriormente se factura.

Con estas acciones, se busca fundamentalmente; constituir una red primaria que operará mediante válvulas, así como tanques de regulación y, en algunos casos, cárcamos o sistemas de bombeo, para mantener una presión uniforme y constante, lo que permitirá una mejor calidad en el servicio.

#### Incremento en Cobertura de Micromedición

Las tomas sin medidores, en esquema de cuota fija o con medidores inservibles, incentivan el uso indiscriminado del agua; por lo que la instalación y renovación de medidores, es una línea de acción que repercutirá en una inmediata mejora tanto en la cobranza, como en el uso racional del agua.

El programa contempla la instalación de 123,440 medidores en tomas que actualmente no lo tienen, la sustitución de 41,304 medidores que se encuentran en mal estado y la sustitución de 57,628 medidores que cumplieron con su vida útil y que registran un volumen inferior al entregado.

Como resultado de estos componentes, se espera una mejora en la eficiencia física, respecto de los valores prevalencientes durante los últimos años, como se observa en el cuadro 3.2.

**Cuadro 3.2** Pérdidas físicas históricas del SIAPA

	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Eficiencia</b>	64.1%	72.8%	71.6%	67.6%	66.2%
<b>Pérdidas físicas</b>	35.9%	27.4%	28.4%	32.4%	33.8%
	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Eficiencia</b>	66.4%	64.1%	63.3%	63.1%	61.7%
<b>Pérdidas físicas</b>	33.8%	32.3%	33.2%	33.0%	33.9%

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA Jalisco.

Aunque este programa busca elevar la eficiencia general, la experiencia reciente deriva en considerar parámetros conservadores, razón por la cual se consideró en la evaluación una reducción de 1.8% en las pérdidas físicas del sistema en un lapso de 6 años, bajo el siguiente plan.

**Cuadro 3.3** Reducción de pérdidas físicas esperadas

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
<b>Pérdidas físicas</b>	38.3%	38.0%	37.7%	37.4%	37.1%	36.8%	36.5%

Fuente: CEA Jalisco y SIAPA.

Derivado de lo anterior, los caudales que podrían recuperarse se presentan en el cuadro 3.4.

**Cuadro 3.4** Recuperación de caudales esperada (m<sup>3</sup>/s)

<b>AÑO</b>	<b>Gasto recuperado</b>
2021	0.033
2022	0.061
2023	0.091
2024	0.121
2025	0.152
2026	0.182

Fuente: Elaboración propia.

### III.2. PROYECCIÓN DE LA OFERTA DE LA SITUACIÓN SIN PROYECTO

La oferta de la situación actual se considera optimizada al no considerar fuentes alternas sustentables y se considera igual a la oferta de la situación sin proyecto.



**Cuadro 3.5** Proyección de la oferta en la situación sin proyecto (l/s)

	Pozos SIAPA	Presa EGC	Lago de Chapala	Municipios	Producción	Oferta
2021	2,698	932	5,878	1,456	10,963	6,800
2022	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,306
2023	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,336
2024	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,367
2025	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,397
2026	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2027	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2028	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2029	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2030	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2031	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2032	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2033	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2034	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2035	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2036	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2037	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2038	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2039	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2040	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2041	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2042	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2043	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2044	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2045	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2046	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2047	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2048	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2049	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2050	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428
2051	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428

	Pozos SIAPA	Presa EGC	Lago de Chapala	Municipios	Producción	Oferta
<b>2052</b>	1,852	932	5,878	1,456	10,117	6,428

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA Jalisco.

### III.3 ANÁLISIS DE LA DEMANDA

La demanda es la cantidad de agua que requieren los usuarios sin restricción y de acuerdo con las condiciones actuales. Se obtuvo una proyección de la demanda sin proyecto en el año 2021 de 11.6 m<sup>3</sup>/s y se estima llegue a 13.5 m<sup>3</sup>/s en el año 2052.

Cuadro 3.6 Proyección de Demanda de la Situación sin proyecto del AMG (lps).

DATOS DEL AMG	CONSUMO DOMÉSTICO	CONSUMOS NO DOMÉSTICOS	CONSUMO TOTAL
2021	10,396	1,191	11,586
2022	10,492	1,200	11,691
2023	10,584	1,209	11,793
2024	10,674	1,218	11,892
2025	10,760	1,228	11,988
2026	10,843	1,237	12,080
2027	10,923	1,247	12,170
2028	11,001	1,256	12,257
2029	11,075	1,266	12,341
2030	11,146	1,276	12,422
2031	11,214	1,286	12,501
2032	11,280	1,297	12,576
2033	11,342	1,307	12,649
2034	11,401	1,318	12,719
2035	11,458	1,328	12,786
2036	11,511	1,339	12,850
2037	11,561	1,350	12,911
2038	11,609	1,361	12,970

DATOS DEL AMG	CONSUMO DOMÉSTICO	CONSUMOS NO DOMÉSTICOS	CONSUMO TOTAL
2039	11,653	1,372	13,025
2040	11,694	1,384	13,078
2041	11,732	1,395	13,127
2042	11,766	1,407	13,173
2043	11,798	1,418	13,216
2044	11,826	1,430	13,256
2045	11,851	1,442	13,293
2046	11,872	1,454	13,327
2047	11,890	1,467	13,357
2048	11,906	1,479	13,385
2049	11,917	1,492	13,409
2050	11,926	1,505	13,431
2051	11,935	1,517	13,452
2052	11,943	1,530	13,474

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA Jalisco.

### III.4 DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA

A partir de las proyecciones realizadas para la oferta y la demanda se obtuvieron los siguientes balances para el horizonte de evaluación.

Cuadro 3.7 Proyección del Balance Oferta-Demanda de la Situación sin proyecto del AMG (l/s).

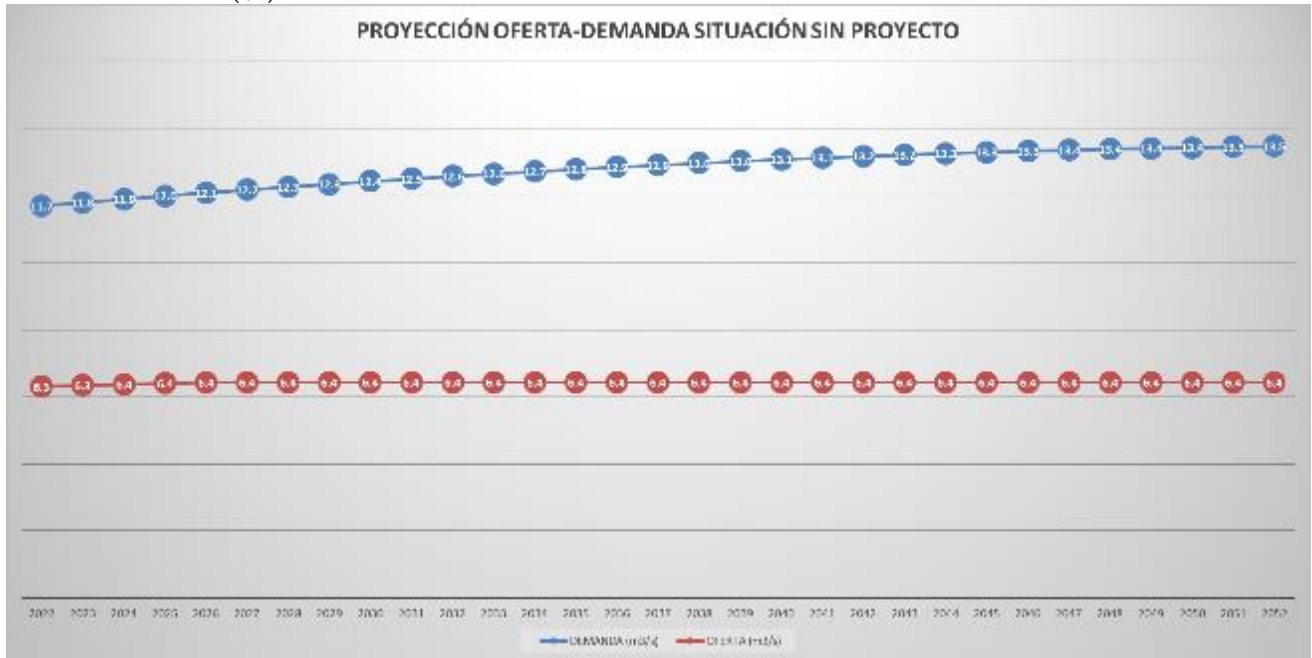
DATOS DE LA AMG	DEMANDA	OFERTA	BALANCE
2021	11,586	6,800	- 4,786
2022	11,691	6,306	- 5,385
2023	11,793	6,336	- 5,457
2024	11,892	6,367	- 5,525
2025	11,988	6,397	- 5,590

DATOS DE LA AMG	DEMANDA	OFERTA	BALANCE
2026	12,080	6,428	- 5,653
2027	12,170	6,428	- 5,743
2028	12,257	6,428	- 5,830
2029	12,341	6,428	- 5,914
2030	12,422	6,428	- 5,995
2031	12,501	6,428	- 6,073
2032	12,576	6,428	- 6,149
2033	12,649	6,428	- 6,222
2034	12,719	6,428	- 6,291
2035	12,786	6,428	- 6,359
2036	12,850	6,428	- 6,423
2037	12,911	6,428	- 6,484
2038	12,970	6,428	- 6,542
2039	13,025	6,428	- 6,598
2040	13,078	6,428	- 6,650
2041	13,127	6,428	- 6,699
2042	13,173	6,428	- 6,746
2043	13,216	6,428	- 6,789
2044	13,256	6,428	- 6,828
2045	13,293	6,428	- 6,865
2046	13,327	6,428	- 6,899
2047	13,357	6,428	- 6,930
2048	13,385	6,428	- 6,957
2049	13,409	6,428	- 6,982
2050	13,431	6,428	- 7,003
2051	13,452	6,428	- 7,025
2052	13,474	6,428	- 7,046

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA Jalisco.

El déficit estimado para el año 2021 es 4.8 m<sup>3</sup>/s y se contempla que llegue a 7.0 m<sup>3</sup>/s al final del horizonte de evaluación. Lo anterior se observa en la siguiente gráfica.

Gráfica 3.1 Proyección del Balance Oferta-Demanda de la Situación sin proyecto del AMG (l/s).



Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA Jalisco.

### III.5 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Para la ejecución del proyecto se plantearon las siguientes acciones para la conducción del gasto aportado por el proyecto.

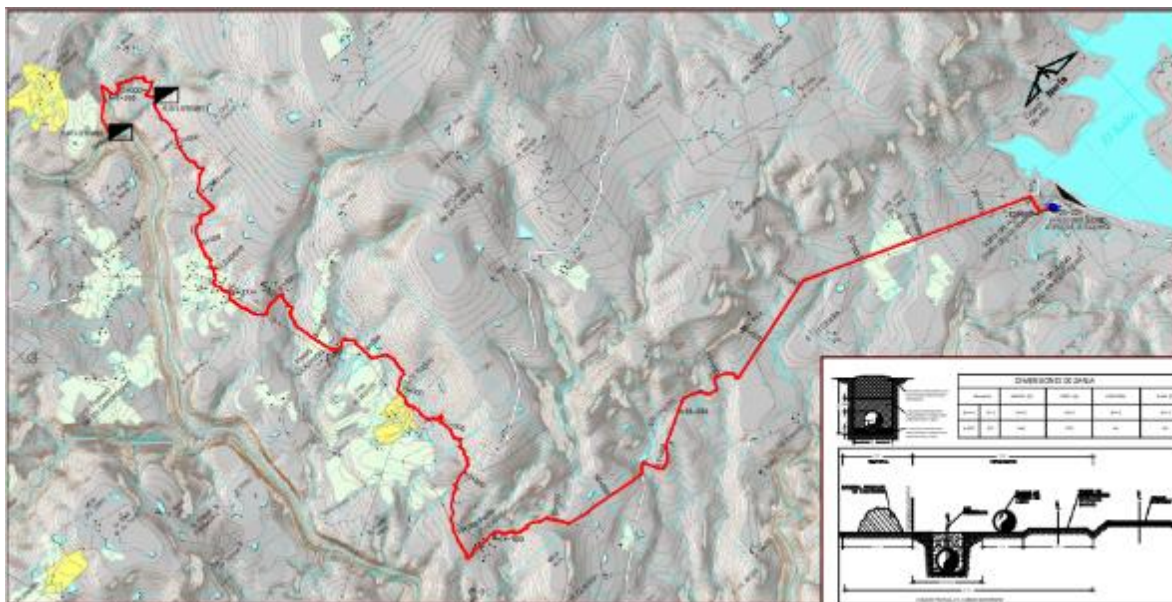
#### Opción No. 1: Trazo Sur

Inicia en la estación de bombeo No. 1 (PB1) localizada agua abajo de la cortina de la presa El Zapotillo, donde sigue una trayectoria noreste sobre el derecho de vía liberado del acueducto Zapotillo-León en una longitud aproximada de 600 m hasta entroncar con camino de terracería que comunica a la localidad Zapotillo con El Zapote, donde cambia de trayectoria hacia el sureste siguiendo la vía de comunicación hasta el km 2+450 donde se ubicará la segunda estación de bombeo (PB2).

### Plano de la alternativa.

En el plano anexo, se presenta el trazo de la línea de conducción sobre cartografía de INEGI que muestra los principales componentes del proyecto, con cadenamientos del trazo, así como el perfil hidráulico correspondiente.

**Figura 3.1** Plano de alternativa trazo sur



Fuente: Información de la CEA Jalisco.

A partir de la PB2 sigue en dirección sur sensiblemente paralelo al camino de terracería, pasando por las comunidades El Zapote y Presa Colorada, hasta la entrada a la comunidad de Los Yugos, donde se aleja del camino en una trayectoria de 900 m para entroncar nuevamente con el camino después de dicha comunidad. Continúa paralelo al camino a la bifurcación a Peña Colorada, en la cual sigue la dirección de este camino que comunica con la comunidad El Gavilán, sitio en el cual cambia de rumbo hacia el este y sigue paralelo al camino que comunica Apozol de Gutiérrez con la presa El Salto.

Aproximadamente a 400 m antes de llegar a la cortina de la presa El Salto, en la localidad Salto de Agua, toma dirección sur hasta llegar al sitio donde se ubicará la estación de bombeo del acueducto El Salto–Calderón. La longitud de esta trayectoria es de 25,244 m.

#### Obra de toma.

Considera una torre con tomas a base de ventanas, rejillas y compuertas en la Presa, ubicadas en los niveles que permitan tener la mejor calidad del agua a bombear. Conectar la torre mediante una tubería de acero a presión de 60 pulgadas de diámetro y espesor de 5/8 de pulgada para cruzar la cortina de la presa y localizar la casa de máquinas aguas abajo de ella, lo que permitirá tener un mejor control del NPSHd, ya que la variación de niveles oscilará entre 1590 msnm y 1550 msnm (40 m).

#### Conducción.

Conforme al trazo propuesto, desnivel topográfico a vencer por bombeo y el gasto a conducir de 2 m<sup>3</sup>/s, se realizó el análisis del diámetro económico de la conducción, considerando operación continua durante las 24 horas al día y para tubería de acero con diámetros nominales de 48, 54 y 60 pulgadas.

Bajo este análisis, el diámetro económico resulta de 54 pulgadas (1372 mm) y espesor de 1/2 pulgada (12.7 mm).

El diámetro elegido de 54 pulgadas permitirá conducir el flujo de 2 m<sup>3</sup>/s con un a velocidad media de 1.41 m/s y pendiente hidráulica de 1.262 m/km, lo que requerirá de una carga de 166 m en la PB1 y de 162 m en la PB2.

Se plantea que la tubería se instale en forma subterránea en una zanja excavada con dimensiones mínimas de 2.40 m de ancho y 2.75 m de profundidad.

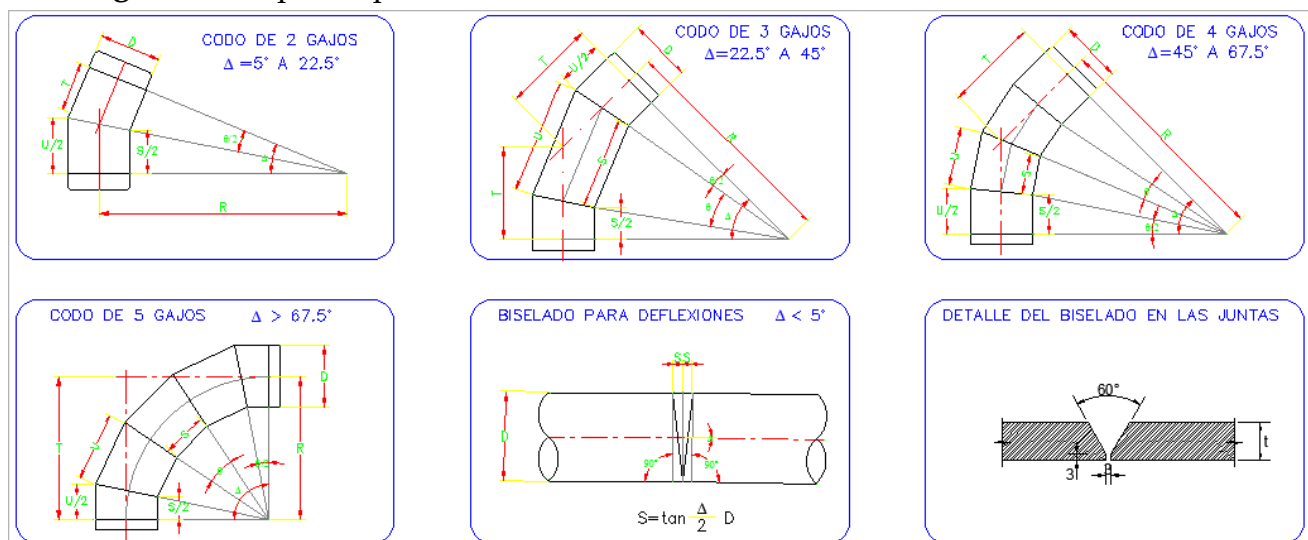


Para su correcta operación, se instalarán válvulas trifuncionales para la admisión, expulsión y purga de aire con diámetro mínimo de 8 pulgadas, la cual llevará una válvula de seccionamiento para mantenimiento. Estas válvulas se colocarán en los puntos altos y en caso de pendientes uniformes a cada 500 m.

Para lograr los cambios de dirección derivados del trazo, se fabricarán codos con la misma tubería de acero con base en los lineamientos de la American Water Works Association (AWWA), específicamente en la norma AWWA C-208, la cual establece:

- Para ángulo  $\leq 5^\circ$  se realizará con cortes en los extremos de la junta soldada
- Para ángulo  $\leq 22.5^\circ > 2$  gajos
- Para  $22.5^\circ < \text{ángulo} \leq 45^\circ > 3$  gajos
- Para  $45^\circ < \text{ángulo} \leq 67.5^\circ > 4$  gajos
- Para  $67.5^\circ < \text{ángulo} \leq 90^\circ > 5$  gajos

**Figura 3.2** Esquema para el dimensionamiento de codos de acero



Fuente: Información de la CEA Jalisco



Esta opción, requiere la construcción de caminos de operación al inicio de la misma, en una longitud de 570 m.

La conducción del agua de la presa El Zapotillo concluye en el km 25+224 en la estación de bombeo del Acueducto El Salto–Calderón, que se encargará de transportar los volúmenes tanto de la presa El Zapotillo como de la presa El Salto, como se muestra en la figura 2.

**Figura 3.3** Interconexión del Acueducto El Zapotillo–El Salto con El Salto–Calderón



Fuente: Información de la CEA Jalisco

### Estaciones de bombeo.

De acuerdo con el trazo analizado, el desnivel topográfico a vencer por bombeo es de 289 m, considerando el nivel mínimo de 1550 msnm (caso más desfavorable) que, con las pérdidas de carga por fricción a lo largo de la conducción del agua por tubería, resulta de 328 m, situación que se analizó y determinó dividir el bombeo en dos plantas similares en carga y gasto, con un arreglo 2+1 (dos equipos operando y uno en reserva), con caudal nominal por bomba de 1 m<sup>3</sup>/s.

PB1. Se propone su localización en la margen izquierda del Río Verde aproximadamente a 500 m aguas abajo de la cortina de la Presa El Zapotillo. Debido a lo accidentado del terreno y reducir volúmenes de corte, se plantea ubicar en un predio la casa de máquinas y en una terraza superior la subestación eléctrica. El terreno destinado para la casa de máquina tendrá una superficie tentativa de 2,800 m<sup>2</sup>, por su parte, el predio para la subestación eléctrica se alojaría en una superficie de 940 m<sup>2</sup>

Para acceder a ambos predios, se utilizarán los caminos de construcción de la presa El Zapotillo, por lo que no se considera la construcción de nuevos caminos.

**Figura 3.4** Esquema de Planta de Bombeo No. 1 (PB1)



Fuente: Información de la CEA Jalisco

Las coordenadas de los polígonos propuestos para las instalaciones de la PB1 son:  
Casa de Máquinas

El equipamiento propuesto es con bombas y motores horizontales en arreglo 2+1, con bombas para manejar un caudal nominal de 1 m<sup>3</sup>/s y carga dinámica de 166 mca, que requieren de motores de 3,000 HP (2,238 kW), por lo que la capacidad instalada de la planta sería de 9,000 HP (6,714 kW) y de 6,000 HP (4,476 kW) en operación. Considerando los servicios propios de la planta, se estima la capacidad de operación en 5,000 kW.

Cabe mencionar que arreglos de este tipo, se tiene experiencia en el país con resultados exitosos.

PB2. Se propone su localización aproximadamente en 2+450 del acueducto, en la ranchería Las Escobas, sobre el camino de terracería que comunica a El Zapotillo con El Zapote. El terreno propuesto que alojaría la casa de máquinas, subestación eléctrica y tanque de sumergencia ocupa una superficie tentativa de 9,000 m<sup>2</sup>. Para acceder al predio se emplearía el camino existente, por lo que no se considera la construcción de nuevos caminos.

Al igual que la PB1, se propone equipamiento con bombas y motores horizontales en arreglo 2+1, con bombas para manejar un caudal nominal de 1 m<sup>3</sup>/s y carga dinámica de 163 mca, que requieren de motores de 3,000 HP (2,238 kW), por lo que la capacidad instalada de la planta sería de 9,000 HP (6,714 kW) y de 6,000 HP (4,476 kW) en operación. Considerando los servicios propios de la planta, se estima la capacidad de operación en 5,000 kW.

### **Cuadro 3.8** Presupuesto de la alternativa 1

PARTIDAS		IMPORTE
Suministro Eléctrico		\$ 137,234,954.20
Línea de Interconexión Obra de Toma– Estación de Bombeo	56"	\$ 37,615,320.55

PARTIDAS		IMPORTE
Conexión Obra de Toma	56"	\$ 36,649,010.67
Estación de Bombeo		\$ 402,730,000.00
Línea de Conducción por Bombeo	56"	\$ 391,436,947.83
Tanque Cambio de Régimen		\$ 23,513,722.12
Línea de Conducción por Gravedad (Hasta arroyo calderon)	48"-42"	\$ 1,263,624,518.93

Fuente: Información de la CEA Jalisco

### Opción No. 2: Trazo Norte

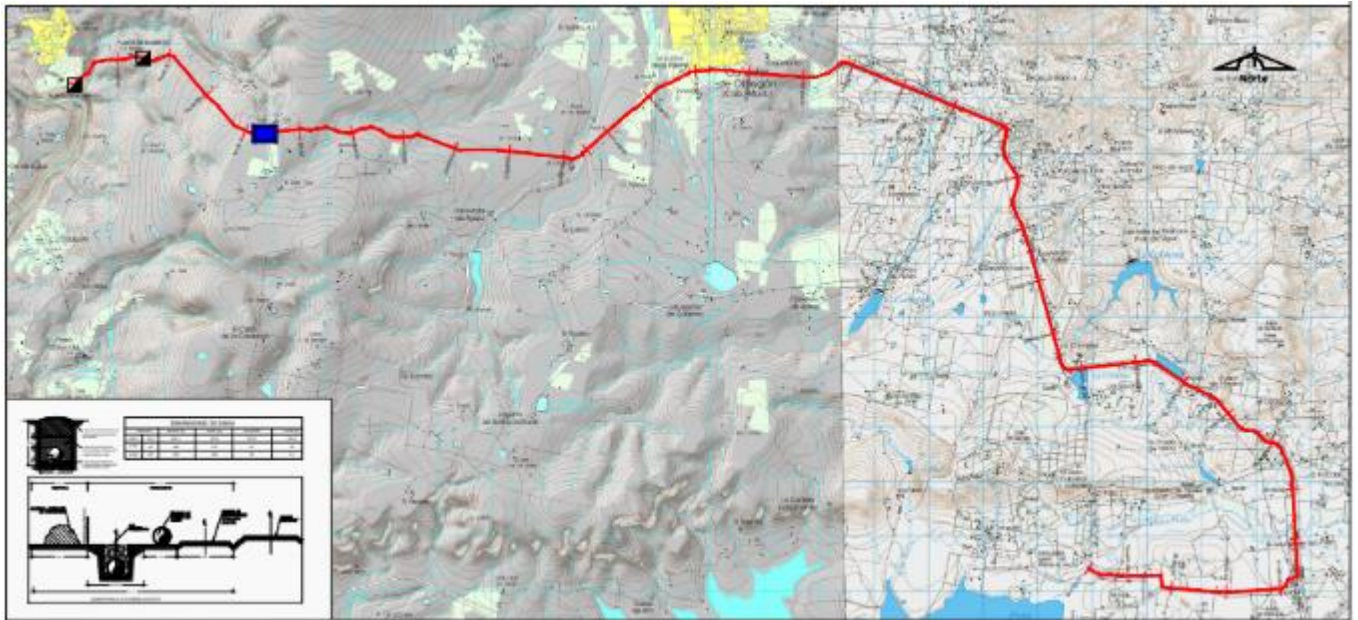
Esta alternativa tiene su origen al igual que la opción No. 1, en la estación de bombeo No. 1 (PB1) que se plantea localizarla agua abajo de la cortina de la presa El Zapotillo, siguiendo el derecho de vía liberado del acueducto Zapotillo-León en dirección este en aproximadamente 2km, donde se ubicaría la segunda estación de bombeo (PB2).

### Plano de la alternativa.

En el plano anexo, se presenta el trazo de la línea de conducción sobre cartografía de INEGI que muestra los principales componentes del proyecto, con cadenamientos del trazo, así como el perfil hidráulico correspondiente.



**Figura 3.5** Plano de alternativa 2



Fuente: Información de la CEA Jalisco

A partir de la PB2 sigue en dirección sureste sobre el derecho de vía liberado en casi 3 km, lugar donde se plantea localizar un tanque de carga o de cambio de régimen (TCR), que permita pasar sin problemas, de un flujo por impulsión a uno por gravedad a presión.

Después del TCR, el trazo sigue en dirección este, sensiblemente paralelo al camino hacia Cañadas de Obregón, donde cambia de rumbo sureste para continuar paralelo a la carretera estatal No. 207 que comunica con Valle de Guadalupe hasta la comunidad La Paloma Medina, donde cambia su trayectoria al oeste por camino de terracería y continuar aproximadamente 4 km hasta entroncar con el vaso de la presa El Salto, sitio donde descargará el agua. La longitud de esta trayectoria es de 34,755 m.

### Obra de toma.

Se considera la misma obra de toma descrita en 2.1.

### Conducción.

Conforme al trazo propuesto se plantea dividir la conducción en dos tramos de acuerdo a su funcionamiento: el primero por bombeo de la PB1 al TCR en una longitud de 4,317 m y el segundo por gravedad del TCR hasta el vaso de la presa El Salto, con longitud de 30,438 m.

El tramo por bombeo conforme al desnivel topográfico a vencer y el gasto a conducir de 2 m<sup>3</sup>/s, el análisis del diámetro económico de la conducción determinó un diámetro de 54 pulgadas (1372 mm), considerando operación continua durante las 24 horas al día y tubería.

El diámetro elegido de 54 pulgadas permitirá conducir el flujo de 2 m<sup>3</sup>/s con una velocidad media de 1.4 m/s y pendiente hidráulica de 1.26 m/km, lo que requerirá de una carga de 224 m en la PB1 y de 282 m en la PB2.

Se plantea que la tubería se instale en forma subterránea en una zanja excavada con dimensiones mínimas de 2.40 m de ancho y 2.75 m de profundidad

El tramo por gravedad se determinó un diámetro nominal de 40 pulgadas (1016 mm) que aprovecha la carga disponible entre el TCR y el sitio de descarga en el embalse de la presa El Salto, con lo que se podrá conducir el flujo de 2 m<sup>3</sup>/s con una velocidad media de 2.6 m/s y pendiente hidráulica de 6.1 m/km.

Al igual que en la alternativa No. 1, para la correcta operación del acueducto se deberán instalar válvulas trifuncionales para la admisión, expulsión y purga de aire con diámetro mínimo de 8 pulgadas, la cual llevará una válvula de seccionamiento para mantenimiento y caja de protección y operación. Asimismo, los cambios de

dirección derivados del trazo se realizarán con codos fabricados con la misma tubería de acero como se indica en 3.2.

Para la construcción y operación del acueducto, se identifica la necesidad de construir 5 km de camino al inicio de la conducción.

La conducción del agua de la presa El Zapotillo concluye en el km 34+755.11 al norte del vaso de la presa El Salto, donde se a su vez, a través de su obra de toma alimentará la estación de bombeo del Acueducto El Salto–Calderón (ver figura 2), para transportar los volúmenes tanto de la presa El Zapotillo como de la presa El Salto.

**Figura 3.6** Sitio de toma presa El Salto



Fuente: Información de la CEA Jalisco

### Estaciones de bombeo.

De acuerdo con el trazo analizado, el desnivel topográfico a vencer por bombeo es de 499 m, considerando el nivel mínimo de 1550 msnm (caso más desfavorable) que, con las pérdidas de carga por fricción a lo largo de la conducción del agua por tubería, resulta de 508 m, situación que se analizó y determinó dividir el bombeo en dos plantas similares en carga y gasto, con un arreglo 2+1 (dos equipos operando y uno en reserva), con caudal nominal por bomba de 1 m<sup>3</sup>/s.

PB1. Se propone su localización en forma semejante a la PB1 de la opción No. 1. En este caso, el equipamiento propuesto también es con bombas y motores horizontales en arreglo 2+1, con bombas para manejar un caudal nominal de 1 m<sup>3</sup>/s y carga dinámica de 224 mca, que requieren de motores de 4,000 HP (2,984 kW), por lo que la capacidad instalada de la planta sería de 12,000 HP (8,952 kW) y de 8,000 HP (5,968 kW) en operación. Considerando los servicios propios de la planta, se estima la capacidad de operación en 6,500 kW.

PB2. Se propone su localización aproximadamente en 1+460.90 del acueducto, en el predio liberado para el acueducto Zapotillo, antes de la ranchería La Joya, el cual cuenta con la superficie suficiente para alojar la casa de máquinas, subestación eléctrica y tanque de sumergencia, ya que ocupa una superficie de 60,000 m<sup>2</sup>. Para acceder al predio se emplearía el camino de construcción y operación que contempla la conducción.



**Figura 3.7** Localización de Planta de Bombeo No. 2 (PB2)



Fuente: Información de la CEA Jalisco

Al igual que la PB1, se propone equipamiento con bombas y motores horizontales en arreglo 2+1, con bombas para manejar un caudal nominal de 1 m<sup>3</sup>/s y carga dinámica de 282 mca, que requieren de motores de 4,500 HP (3,357 kW), por lo que la capacidad instalada de la planta sería de 13,500 HP (10,071 kW) y de 9,000 HP (6,714 kW) en operación. Considerando los servicios propios de la planta, se estima la capacidad de operación en 7,000 kW.

#### Tanque de cambio de régimen.

La función de esta estructura es permitir una transición adecuada de un flujo por bombeo a uno por gravedad, el cual se plantea ubicar en la parte más alta del perfil en el km 4+317.70 que coincide con predio liberado frente a la ranchería La Ceja. La capacidad del tanque se estima sea de al menos 1200 m<sup>3</sup> de capacidad.

**Cuadro 3.9** Presupuesto alternativa 2

PARTIDAS		IMPORTE
Suministro Eléctrico		\$ 137,234,954.20
Línea de Interconexión Obra de Toma– Estación de Bombeo	56"	\$ 27,895,897.07
Conexión Obra de Toma	56"	\$ 36,649,010.67
Estación de Bombeo		\$ 359,730,000.00
Línea de Conducción por Bombeo	56"	\$ 391,436,947.83
Tanque Cambio de Régimen		\$ 23,513,722.12
Línea de Conducción por Gravedad (Hasta arroyo calderon)	48"-42"	\$ 1,379,221,544.75

Fuente: Información de la CEA Jalisco

Para determinar la alternativa más conveniente se analizó el indicador de Costo Anual Equivalente (CAE) para ambas alternativas.

Tasa social de descuento	10%
Vida útil (años)	30

En el cuadro 3.10 se presenta el flujo de costos de la alternativa 1.

**Cuadro 3.10** Estimación del Costo Anual Equivalente de la Alternativa 1

Año	Inversión	Costos de Operación y Mantenimiento	Costos Totales
0	\$4,586,555,581.29		\$4,586,555,581
1		\$201,912,929	\$201,912,929
2		\$201,912,929	\$201,912,929
3		\$201,912,929	\$201,912,929
4		\$201,912,929	\$201,912,929
5		\$201,912,929	\$201,912,929
6		\$201,912,929	\$201,912,929

Año	Inversión	Costos de Operación y Mantenimiento	Costos Totales
7		\$201,912,929	\$201,912,929
8		\$201,912,929	\$201,912,929
9		\$201,912,929	\$201,912,929
10		\$201,912,929	\$201,912,929
11		\$201,912,929	\$201,912,929
12		\$201,912,929	\$201,912,929
13		\$201,912,929	\$201,912,929
14		\$201,912,929	\$201,912,929
15		\$201,912,929	\$201,912,929
16		\$201,912,929	\$201,912,929
17		\$201,912,929	\$201,912,929
18		\$201,912,929	\$201,912,929
19		\$201,912,929	\$201,912,929
20		\$201,912,929	\$201,912,929
21		\$201,912,929	\$201,912,929
22		\$201,912,929	\$201,912,929
23		\$201,912,929	\$201,912,929
24		\$201,912,929	\$201,912,929
25		\$201,912,929	\$201,912,929
26		\$201,912,929	\$201,912,929
27		\$201,912,929	\$201,912,929
28		\$201,912,929	\$201,912,929
29		\$201,912,929	\$201,912,929
30		\$201,912,929	\$201,912,929
<b>VANS</b>	\$6,489,971,493		
<b>Gasto anual (m³)</b>	94,608,000		
<b>CAE =</b>	\$688,451,297		
<b>\$/m³=</b>	<b>\$7.28</b>		

Fuente: Cálculo propio con información proporcionada por la CEA Jalisco.

En el cuadro 3.11 se presenta el flujo de costos de la alternativa 2.

**Cuadro 3.11** Estimación del Costo Anual Equivalente de la Alternativa 2

Año	Inversión	Costos de Operación y Mantenimiento	Costos Totales
0	\$4,638,060,410.89		\$4,638,060,411
1		\$267,612,929	\$267,612,929
2		\$267,612,929	\$267,612,929
3		\$267,612,929	\$267,612,929
4		\$267,612,929	\$267,612,929
5		\$267,612,929	\$267,612,929
6		\$267,612,929	\$267,612,929
7		\$267,612,929	\$267,612,929
8		\$267,612,929	\$267,612,929
9		\$267,612,929	\$267,612,929
10		\$267,612,929	\$267,612,929
11		\$267,612,929	\$267,612,929
12		\$267,612,929	\$267,612,929
13		\$267,612,929	\$267,612,929
14		\$267,612,929	\$267,612,929
15		\$267,612,929	\$267,612,929
16		\$267,612,929	\$267,612,929
17		\$267,612,929	\$267,612,929
18		\$267,612,929	\$267,612,929
19		\$267,612,929	\$267,612,929
20		\$267,612,929	\$267,612,929
21		\$267,612,929	\$267,612,929
22		\$267,612,929	\$267,612,929
23		\$267,612,929	\$267,612,929
24		\$267,612,929	\$267,612,929
25		\$267,612,929	\$267,612,929
26		\$267,612,929	\$267,612,929
27		\$267,612,929	\$267,612,929
28		\$267,612,929	\$267,612,929
29		\$267,612,929	\$267,612,929
30		\$267,612,929	\$267,612,929
<b>VANS</b>	\$7,160,824,603		
<b>Gasto anual (m³)</b>	94,608,000		

Año	Inversión	Costos de Operación y Mantenimiento	Costos Totales
<b>CAE =</b>	\$759,614,891		
<b>\$/m3=</b>	<b>\$8.03</b>		

Fuente: Cálculo propio con información proporcionada por la CEA Jalisco.

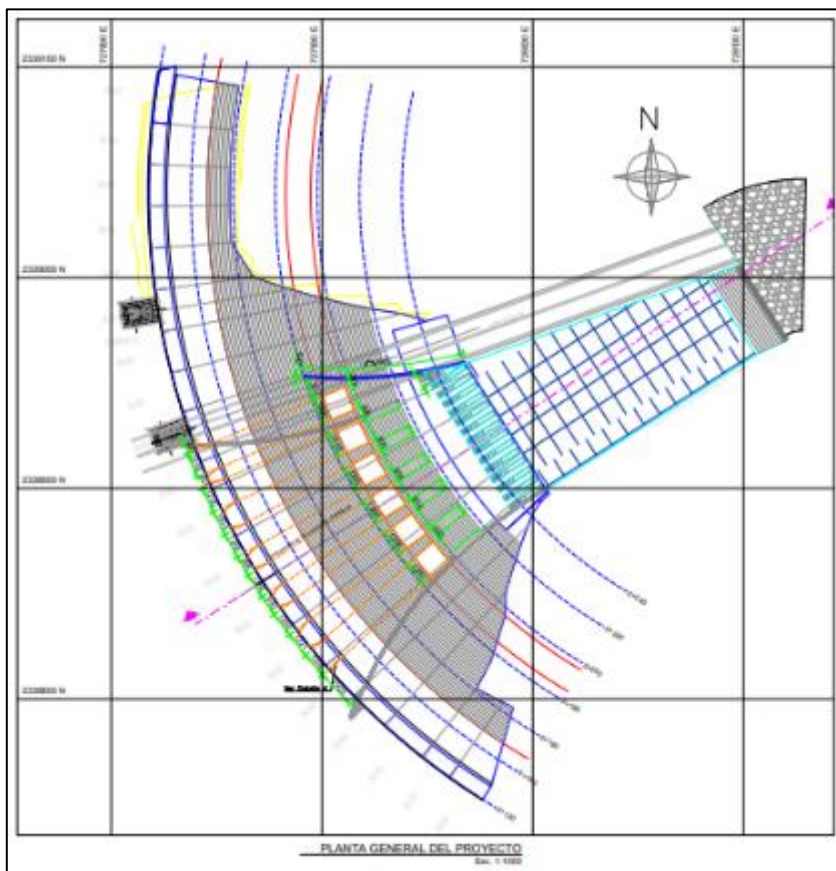
Como resultado de la estimación de costos de las alternativas, se seleccionó la opción 1 pues tiene el menor costo anual equivalente.

## IV. SITUACIÓN CON EL PPI

### IV.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

La modificación para la operación de la presa El Zapotillo consiste en construir seis ventanas vertedoras con dimensiones de 12 metros de ancho y 9 metros de altura, en la elevación 1,590 msnm. Esto permite desalojar el caudal asociado a un periodo de retorno de 10,000 años, sin inundar las comunidades de Palmarejo, Acasico y Temacapulín, para así entregar 2.0 m<sup>3</sup>/s de agua potable para el Área Metropolitana de Guadalajara.

**Figura 4.1** Adecuación en cortina de presa Zapotillo



Fuente: CONAGUA.

El análisis del nivel de operación se realizó mediante un funcionamiento de vaso.

### Funcionamiento de Vaso

El funcionamiento de vaso se fundamenta en la siguiente ecuación:

$$\Delta Volumen = Ingresos - Salidas$$

Es decir,

$$Almacenamiento_{FINAL} - Almacenamiento_{INICIAL} = Ingresos - Extracciones$$

Partimos de despejar el almacenamiento final para realizar una evolución del embalse;

$$Almacenamiento_{FINAL} = Almacenamiento_{INICIAL} + Ingresos - Extracciones$$

Dichas características del funcionamiento de vaso de los elementos se describen a continuación:

- Almacenamiento inicial. Es el almacenamiento con que inicia el embalse, normalmente es el primero de cada mes
- Ingresos. Se considera el registro histórico de los datos de escurrimiento en las estaciones hidrométricas.
- Extracciones. Estas dependerán en gran medida del uso de la presa, en este caso será para agua potable.
- Evaporaciones. Se obtienen las evaporaciones mensuales y precipitaciones con esto se determina la evaporación neta.
- Almacenamiento final. Es el almacenamiento que resulta de llevar a cabo la evolución mensual del embalse.

Para llevar a cabo los análisis del funcionamiento de vaso del proyecto de la presa El Zapotillo, fue importante considerar lo siguiente:

- Los registros históricos de escurrimientos y evaporaciones netas con mismo período.
- La distribución de la demanda de agua considerada para agua potable.
- La curva elevaciones – áreas – capacidades
- El Nivel de Aguas Máximo Ordinario (NAMO) y el Nivel de Aguas Mínimas de Operación (NAMINO).

### Características de la presa

Las características para llevar a cabo el funcionamiento de vaso son las indicadas en el cuadro 4.1.

**Cuadro 4.1** Características de la presa

NAMO		NAME		NAMINO	
(msnm)	(Mm <sup>3</sup> )	(msnm)	(Mm <sup>3</sup> )	(msnm)	(Mm <sup>3</sup> )
1,590	45.85	1,598.14	75.07	1,550	0

Fuente: CONAGUA

### Distribución de la demanda

La distribución de la demanda utilizada en el funcionamiento de vaso es igual para todos los meses, dado que se trata de abastecimiento de agua potable.

### Curva Áreas – Elevaciones – Capacidades (CEAC)

La curva CEAC empleada, fue la curva de proyecto del año 2005.



### Volumen de escurrimiento

Mediante la estación hidrométrica La Cuña (12504) tomada del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS), se tomaron los datos de escurrimiento mensuales.

Dado que la estación La Cuña se ubica aguas abajo de la presa Zapotillo, para estimar el escurrimiento en el sitio, fue necesario calcular el factor de transporte por área (FTA).

Los volúmenes del escurrimiento mensual en el sitio de El Zapotillo, se calcularon multiplicando los escurrimientos de La Cuña (1948-2014) por el FTA.

**Cuadro 4.2** Escurrimientos en Mm<sup>3</sup> multiplicados por el FTA, en la estación hidrométrica La Cuña, Jal.

	AÑO ANUAL ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC												
1948	703.90	10.10	4.09	3.39	2.98	3.85	114.69	314.82	148.81	76.95	12.85	6.37	5.00
1949	360.54	4.66	3.72	3.02	2.44	2.16	54.16	170.95	77.06	25.58	9.67	3.50	3.62
1950	383.97	3.54	2.87	2.99	2.24	2.01	65.95	168.16	50.87	65.95	10.71	5.24	3.44
1951	406.67	3.87	3.09	3.14	2.58	2.38	64.69	172.71	72.70	60.84	10.11	7.18	3.38
1952	510.15	3.65	3.35	2.90	2.64	1.87	65.02	125.14	149.02	92.93	48.33	10.37	4.93
1953	481.92	4.54	3.65	3.25	2.28	1.76	36.68	74.00	165.74	149.16	15.92	14.53	10.41
1954	281.26	5.55	3.40	2.79	2.32	2.32	48.60	82.86	72.41	20.59	27.80	8.01	4.61
1955	904.21	4.31	3.52	3.05	1.93	1.65	12.62	131.85	416.60	189.44	120.72	11.24	7.28
1956	457.75	5.79	4.46	3.60	2.94	17.77	53.50	184.65	130.49	39.35	5.38	4.97	4.85
1957	159.43	4.31	3.71	3.18	2.45	2.16	10.63	18.23	27.89	56.05	19.15	6.99	4.68
1958	1459.05	5.85	3.60	2.76	1.51	1.38	63.08	373.08	183.99	336.13	222.97	243.77	20.93
1959	490.36	13.25	6.95	4.98	7.30	3.65	43.37	114.93	176.53	63.90	36.52	12.56	6.42
1960	302.31	5.77	4.19	3.62	2.75	1.84	3.87	53.07	141.80	70.60	6.45	4.04	4.31
1961	332.94	4.49	3.41	3.18	2.33	2.07	26.89	200.36	50.78	22.55	6.85	5.04	4.99

1962	406.53	3.93	3.72	3.18	3.10	1.95	49.46	118.29	27.89	126.80	52.93	8.35	6.93
1963	856.79	5.40	3.48	3.16	2.08	1.60	61.46	389.50	253.94	99.61	18.45	6.37	11.74
1964	381.13	8.00	3.37	2.45	1.51	1.99	31.08	63.98	82.53	128.30	43.77	9.09	5.06
1965	1153.17	6.88	5.04	2.79	2.40	4.47	12.14	55.54	580.45	270.77	193.07	11.11	8.51
1966	559.68	6.72	7.04	4.90	6.76	3.69	39.59	61.62	230.48	141.53	42.43	8.05	6.87
1967	1764.77	16.76	5.43	4.28	2.37	4.55	58.65	115.70	430.62	953.83	137.90	23.08	11.60
1968	551.10	8.72	7.77	14.70	4.82	4.22	13.74	165.70	122.71	179.41	15.89	6.59	6.83
1969	181.92	6.56	4.77	3.16	2.53	2.12	5.47	64.40	23.25	48.83	12.13	4.27	4.43
1970	811.15	5.34	4.71	3.97	2.53	1.67	92.11	157.96	141.32	295.76	88.29	8.35	9.14
1971	1269.35	7.43	5.38	4.99	3.41	3.73	103.52	141.82	492.39	346.48	140.46	10.17	9.57
1972	255.21	7.68	5.70	4.75	3.08	4.70	38.70	52.96	65.46	51.80	9.44	5.75	5.19
1973	1830.43	6.13	5.18	3.82	3.09	2.17	15.97	470.06	1096.95	141.58	59.81	16.93	8.74
1974	338.69	7.81	5.84	5.25	3.74	3.07	4.89	107.03	108.36	72.27	9.88	5.22	5.33
1975	803.25	6.50	4.46	4.30	2.58	1.79	29.90	241.26	413.37	81.12	7.07	4.97	5.93
1976	1345.91	5.55	4.55	3.77	2.65	1.77	4.19	805.61	125.80	95.66	238.55	39.18	18.63
1977	529.67	7.78	4.72	4.27	3.08	2.05	56.53	94.00	58.28	272.93	12.82	6.87	6.34
1978	429.42	5.43	4.73	4.08	2.46	1.69	11.42	34.52	71.61	137.40	139.79	9.41	6.88
1979	201.39	5.45	4.91	4.11	2.73	1.66	3.18	16.10	90.59	57.67	4.92	4.36	5.71
1980	265.36	5.82	4.86	3.08	1.86	1.36	3.34	38.56	127.56	55.86	9.15	9.07	4.84
1981	251.70	5.73	4.00	3.25	2.56	1.22	30.66	80.09	51.72	54.31	8.83	5.08	4.25
1982	133.73	4.20	3.51	3.30	1.59	1.28	1.08	54.81	32.23	10.93	10.95	4.03	5.82
1986	757.03	4.36	3.73	3.35	1.60	1.35	136.28	314.09	56.94	116.95	97.65	11.31	9.42
1987	234.14	5.22	3.58	4.14	2.07	1.85	5.00	77.09	84.35	32.01	10.67	3.61	4.55
1988	653.65	10.38	5.43	3.83	2.75	0.56	4.19	209.40	327.26	71.56	10.83	3.92	3.54
1989	557.23	3.87	3.48	3.50	1.83	0.99	30.64	149.80	158.70	132.84	50.07	15.60	5.91
1990	749.13	4.22	3.61	2.83	1.39	1.09	15.01	76.55	396.82	158.26	66.18	18.30	4.87
1991	1601.05	4.58	4.49	3.59	2.17	1.31	2.30	1215.67	142.88	175.32	31.54	9.20	8.00

1992	879.16	294.27	78.48	11.04	5.12	3.78	18.79	45.74	118.70	67.50	204.53	21.04	10.17
1993	302.62	7.08	5.97	3.83	2.88	2.00	11.76	160.39	23.86	61.24	11.38	6.37	5.86
1994	225.89	6.45	5.22	3.69	2.16	1.53	38.51	21.71	37.12	82.21	15.96	5.83	5.50
1995	422.40	5.83	5.59	4.25	2.49	1.75	5.01	57.15	159.16	158.83	13.57	4.34	4.43
1996	327.93	4.27	3.87	3.65	2.52	2.53	9.01	14.32	31.57	59.78	64.58	127.99	3.84
1997	118.89	3.84	3.31	2.91	3.33	2.31	16.13	36.27	15.98	19.12	9.05	3.23	3.41
1998	320.26	4.42	3.08	2.91	2.15	1.84	3.14	20.44	53.29	107.21	108.50	10.18	3.10
1999	236.59	2.68	2.42	2.69	2.07	1.07	6.32	67.88	65.35	71.86	7.58	3.46	3.21
2000	110.59	3.20	2.89	2.69	1.72	1.04	32.07	21.90	17.42	10.98	8.37	5.12	3.19
2001	306.85	3.18	2.87	3.18	1.23	1.25	22.69	83.02	62.85	99.08	16.30	6.11	5.09
2002	530.80	3.63	3.28	3.56	1.25	1.07	12.60	119.15	192.04	121.67	38.50	29.93	4.12
2003	926.29	5.29	3.72	4.08	2.06	1.33	17.26	142.94	179.77	450.57	90.35	20.30	8.62
2004	901.06	3.76	3.58	3.82	3.36	2.87	45.21	55.74	92.10	500.10	137.21	39.73	13.58
2005	193.73	7.83	7.05	7.81	4.17	2.43	2.03	15.32	63.19	67.20	8.26	5.75	2.69
2006	249.20	3.19	2.87	3.18	2.25	1.19	2.09	5.68	70.62	59.94	76.89	14.58	6.72
2007	594.08	6.30	9.16	2.88	2.35	1.27	36.98	265.03	182.24	68.58	11.16	3.99	4.14
2008	1245.82	4.15	3.88	3.37	2.10	2.16	15.03	308.76	540.72	320.38	29.30	11.56	4.41
2009	206.46	4.39	3.98	4.61	2.12	1.53	5.85	26.13	18.85	96.85	28.96	8.53	4.66
2011	409.29	2.40	2.17	2.41	2.75	2.48	3.08	30.45	158.70	132.84	50.07	15.60	6.34
2012	462.11	10.38	5.43	3.83	2.75	2.48	30.64	149.80	158.70	43.24	50.07	3.56	1.23
2013	436.88	1.13	1.07	1.07	0.79	0.87	30.64	149.80	46.66	132.84	50.07	15.60	6.34
2014	323.56	10.38	0.73	1.04	10.00	10.89	41.14	82.46	49.84	56.93	47.36	7.93	4.86

Fuente: CONAGUA.

## Volumen de escurrimiento en la estación El Zapotillo

Mediante el SIH (Sistema de Información Hidrológica,) se consultó la estación Zapotillo (Pzapotillo) con información de 2017 a 2021.

**Cuadro 4.3** Escurrimientos (Mm<sup>3</sup>) en la estación El Zapotillo, Jal.

AÑO ANUAL ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC													
2015	592.64	3.54	2.90	10.20	2.25	1.27	17.22	337.48	70.38	117.76	12.65	9.39	7.60
2016	214.26	5.06	3.61	4.01	1.15	1.08	6.71	41.95	36.68	81.14	21.62	5.97	5.28
2017	353.84	7.38	2.88	4.15	1.20	1.03	1.02	110.18	49.78	140.84	26.94	3.39	5.05
2018	1096.63	22.42	29.00	18.24	13.02	20.37	213.01	128.87	120.66	382.53	87.06	32.62	28.83
2019	436.58	77.85	73.78	60.36	45.01	1.93	1.71	37.11	54.83	26.88	22.78	17.54	16.80
2020	332.65	25.14	22.76	12.26	7.48	8.40	19.08	60.54	54.39	43.36	30.01	20.93	28.28

Fuente: CONAGUA.

En esta estación, no fue necesario emplear el factor de transporte, ya que se encuentra en el sitio de estudio, es así que se ocuparon directamente los datos.

Con lo anterior se determinó una muestra de datos de escurrimientos mensuales de más de 25 años.

### Evaporación

Para los datos de evaporación se consideró la estación climatológica La Cuña (14100), de la base de datos CLICOM y del SIH, además se contemplaron las estaciones Yahualica (14167) y Villa Obregón (14165) para completar los datos faltantes de la estación La Cuña, Jal.

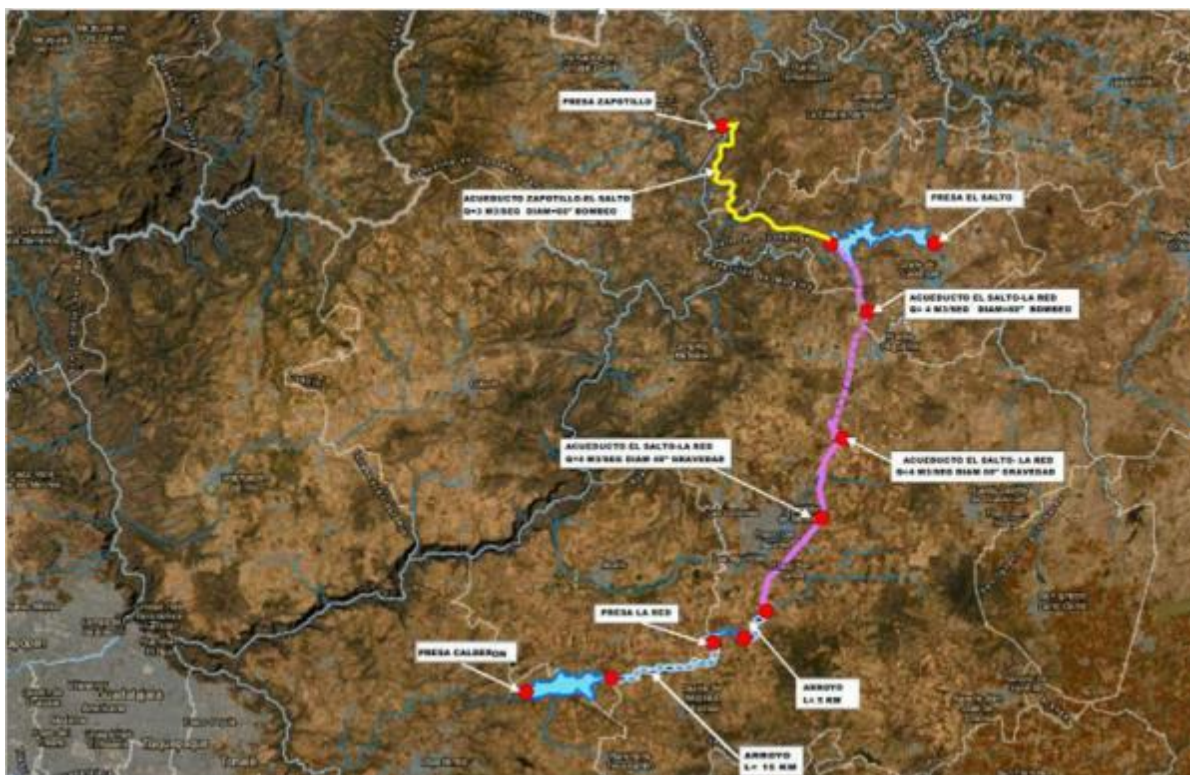
### Resultados del funcionamiento de Vaso

- El ingreso promedio es de: 563.25 Mm<sup>3</sup>.
- El derrame promedio es de: 498.91 Mm<sup>3</sup>.

Con base en los acuerdos entre CONAGUA y el gobierno del estado de Jalisco, se determina que se puede abastecer un gasto firme de 2 m<sup>3</sup>/s sin deficiencia (déficit 0%)

Para el aprovechamiento de los volúmenes de la Presa El Zapotillo con fines de abasto al AMG, se considera construir aguas abajo de la cortina, una estación de bombeo y estructuras necesarias, a una elevación tal, que no se vea afectada en el caso de presentarse una avenida extraordinaria.

**Figura 4.1** Esquema general del proyecto



A partir de esta estructura, inicia el acueducto hacia la presa El Salto, donde partirá otro acueducto con destino en el sistema de presas La Red–Calderón y finalmente hacia el AMG, donde se le proveerá el tratamiento adecuado conforme a la NOM–127–SSA1 para su uso y consumo humano.

Para lograr dicho objetivo se analizaron diferentes trazos del acueducto, preferentemente sobre caminos existentes para aminorar los procesos de negociación de tenencia de la tierra.

El acueducto tendrá una capacidad máxima de operación de  $3.00 \text{ m}^3/\text{s}$  y servirá para trasvasar un volumen de  $87.142 \text{ hm}^3$ , de los cuales  $24.070 \text{ hm}^3$  corresponden al volumen disponible de la presa El Salto y  $63.072 \text{ hm}^3$  corresponden al volumen disponible de la presa Zapotillo.

La disponibilidad de los volúmenes de la presa El Salto se respalda en el memorándum No. B00.7.-0061 de fecha 05 de abril de 2018, donde la Subdirección General Técnica de la Comisión Nacional del Agua informa a la Comisión Estatal del Agua los gastos disponibles para el sistema Zapotillo-Purgatorio, donde se menciona la disponibilidad de la presa El Salto ( $36.05 \text{ hm}^3$ , de los cuales  $24.07 \text{ hm}^3$  se encuentran disponibles).

Por otra parte, el día 20 de enero de 2022, la Subdirección General Técnica de la Comisión Nacional del Agua emitió el memorándum No. B00.7.-0015, donde se informe a la Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento de la misma Comisión el gasto firme de la presa Zapotillo, obtenida con un NAMO a la elevación 1590 msnm y un NAMINO a la elevación 1550 msnm, lo cual da como resultado un gasto de  $2.00 \text{ m}^3/\text{s}$ , equivalente a un volumen de  $63.072 \text{ hm}^3$ .

Debido a las condiciones topográficas que imperan en la zona, el diseño y construcción del acueducto se dividen en los siguientes frentes:

- Conexión de la obra de toma de la presa El Salto a la estación de bombeo: la línea de interconexión tendrá una capacidad de conducción de  $3.00 \text{ m}^3/\text{s}$  con una longitud de 460 metros, estará constituida por tubería de acero ASTM A-53 de 56" de diámetro con un espesor de 3/8".
- Estación de bombeo: Se equipará la estación con cinco bombas tipo Booster, que permitirán aprovechar la carga disponible en la presa y reducir consumos

de energía eléctrica. Cada equipo tendrá una capacidad de bombeo de 750.00 lps con una carga dinámica total (CDT) de 246.00 m.c.a., con una potencia de 3000 HP por equipo.

- Ampliación de la infraestructura para el abastecimiento eléctrico de la estación de bombeo: Se efectuará la ampliación del sistema de suministro de energía eléctrica de la región, construyendo una línea de distribución a un voltaje de 23 KV con una longitud aproximada de 18.00 km.
- Línea de impulsión de la estación de bombeo al tanque de cambio de régimen: tendrá una capacidad de conducción de 3.00 m<sup>3</sup>/s con una longitud de 6.87 km y un desnivel topográfico de 236.40 m, estará constituida por tubería de acero ASTM A-53 de 56" de diámetro con espesores variables de 3/8" a 1/2" según la presión máxima alcanzada durante el fenómeno transitorio.
- Tanque de cambio de régimen: Tendrá forma cilíndrica, con un volumen efectivo de 864 m<sup>3</sup>, un diámetro nominal de 1032 metros y una altura efectiva de 11 metros. Será prefabricado, construido en acero al carbón ASM A36 con techo geodésico de aluminio.
- Línea de conducción a gravedad del tanque de cambio de régimen al punto de descarga: tendrá una capacidad de conducción de 3.00 m<sup>3</sup>/s con una longitud de 31.80 km y un desnivel topográfico de 275.20 m, estará constituida por tubería de Hierro Dúctil de 48" (12.18 km) y 40" (19.62 km) de diámetro clase 25.
- Caja Rompedora de Presión (km 12+600 de la línea a gravedad): Se construirá una caja rompedora de presión en el cadenamiento 12+600 de la línea a gravedad, será construida con concreto armado con una resistencia  $f'c=250.00$  kg/cm<sup>2</sup>, el acero de refuerzo tendrá un  $f_y$  de 4200.00 kg/cm<sup>2</sup>.
- Descarga al arroyo Calderón: En la descarga al arroyo Calderón, se colocará una válvula de Chorro Hueco con el objetivo de proteger la zona de la erosión.



## IV.2 ALINEACIÓN ESTRATÉGICA

### PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2019-2024

El Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 tiene como directrices generales las siguientes:

- Honradez y honestidad
- No al gobierno rico con pueblo pobre
- Al margen de la ley, nada; por encima de la ley, nadie
- Economía para el bienestar
- El mercado no sustituye al Estado
- Por el bien de todos, primero los pobres
- No dejar a nadie atrás, no dejar a nadie fuera
- No puede haber paz sin justicia
- El respeto al derecho ajeno es la paz
- No más migración por hambre o por violencia
- Democracia significa el poder del pueblo
- Ética, libertad, confianza

El proyecto Adecuación de la presa El Zapotillo y construcción de acueductos: Zapotillo - El Salto y El Salto - La Red - Calderon, para el abastecimiento integral de agua en bloque al Área Metropolitana de Guadalajara, Jalisco, está alineado a las siguientes políticas y programas:

#### 2. Política Social

Construir un país con bienestar

El objetivo más importante del gobierno de la Cuarta Transformación es que en 2024 la población de México esté viviendo en un entorno de bienestar. En última instancia, la lucha contra la corrupción y la frivolidad, la construcción de la paz y la seguridad, los proyectos regionales y los programas sectoriales que opera el Ejecutivo Federal están orientados a ese propósito sexenal.

Desarrollo sostenible

El gobierno de México está comprometido a impulsar el desarrollo sostenible, que en la época presente se ha evidenciado como un factor indispensable del bienestar. Se le define como la satisfacción de las necesidades de la generación



presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Esta fórmula resume insoslayables mandatos éticos, sociales, ambientales y económicos que deben ser aplicados en el presente para garantizar un futuro mínimamente habitable y armónico.

## PROGRAMA SECTORIAL DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES 2020-2024 (PROMARNAT)

La activación y el fortalecimiento de espacios locales y regionales de participación, de vigilancia y control de la ciudadanía y las comunidades para decidir acerca del agua, de la tierra y del medio ambiente fueron demandas y exigencias ciudadanas en todos los Foros Regionales de Consulta. En la Tabla 4.4 se enlistan los principales temas planteados por la ciudadanía en los Foros Regionales.

**Cuadro 4.4** Principales temas PROMARNAT

Principales temas planteados por la ciudadanía en los ocho Foros Regionales de Consulta
1. Actualización y mejora del marco normativo ambiental
2. Fortalecimiento a las instituciones ambientales.
3. Mayor participación ciudadana.
4. Mejora en la calidad, suministro del agua, así como mayor eficiencia en su uso
5. Conservación de la biodiversidad y aprovechamiento sustentable.
6. Mejora en la gestión de los residuos sólidos urbanos
7. Impulso a los ordenamientos ecológicos
8. Fortalecimiento a la inspección, vigilancia y procuración de la justicia ambiental.
9. Agroecología y manejo forestal sustentable
10. Respuesta y atención al cambio climático
11. Mayor control y regulación de actividades industriales como la minería y grandes proyectos
12. Educación y cultura ambiental

Fuente: PROMARNAT

### *Objetivos prioritarios*

El Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024 (PROMARNAT) contribuirá a: *Los objetivos establecidos por el nuevo gobierno en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) como parte del Segundo Eje de Política Social. Sus Objetivos prioritarios, Estrategias prioritarias y Acciones puntuales están centrados en la búsqueda del bienestar de las personas, todo ello de la mano de la conservación y recuperación del equilibrio ecológico en las distintas regiones del país. El actuar del Programa se inspira y tiene como base el principio de impulso al desarrollo sostenible establecido en el PND, considerado como uno de los factores más importantes para lograr el bienestar de la población. En el cuadro que se muestra a continuación se enlistan los cinco Objetivos prioritarios del PROMARNAT.*

**Cuadro 4.5** Objetivos prioritarios PROMARNAT

**Objetivos prioritarios del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024**

1. Promover la conservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y su biodiversidad con enfoque territorial y de derechos humanos, considerando las regiones bioculturales, a fin de mantener ecosistemas funcionales que son la base del bienestar de la población.
2. Fortalecer la acción climática a fin de transitar hacia una economía baja en carbono y una población, ecosistemas, sistemas productivos e infraestructura estratégica resilientes, con el apoyo de los conocimientos científicos, tradicionales y tecnológicos disponibles.
3. Promover al agua como pilar de bienestar, manejada por instituciones transparentes, confiables, eficientes y eficaces que velen por un medio ambiente sano y donde una sociedad participativa se involucre en su gestión.
4. Promover un entorno libre de contaminación del agua, el aire y el suelo que contribuya al ejercicio pleno del derecho a un medio ambiente sano
5. Fortalecer la gobernanza ambiental a través de la participación ciudadana libre, efectiva, significativa y corresponsable de las decisiones de política pública, asegurando el acceso a la justicia ambiental con enfoque territorial y de derechos humanos y promoviendo la educación y cultura ambiental

Fuente: PROMARNAT

**Objetivo prioritario 3.** Promover al agua como pilar de bienestar, manejada por instituciones transparentes, confiables, eficientes y eficaces que velen por un medio ambiente sano y donde una sociedad participativa se involucre en su gestión.

Estrategia prioritaria 3.1. Garantizar progresivamente los derechos humanos al agua y al saneamiento, especialmente en la población más vulnerable.

Acciones puntuales

3.1.1.- Proteger la disponibilidad de agua en cuencas y acuíferos para la implementación del derecho humano al agua.

3.1.2.- Abatir el rezago en el acceso al agua potable y al saneamiento para elevar el bienestar en los medios rural y periurbano.

3.1.3.- Fortalecer a los organismos operadores de agua y saneamiento, a fin de asegurar servicios de calidad a la población

3.1.4.- Atender los requerimientos de infraestructura hidráulica para hacer frente a las necesidades presentes y futuras.

## **PROGRAMA NACIONAL HÍDRICO 2020-2024**

El Programa Nacional Hídrico 2020-2024 es un “Programa Especial”, derivado del Plan Nacional de Desarrollo, encaminado a enfrentar los problemas del agua que permitirán reducir las brechas de inequidad, avanzar en la seguridad hídrica del país con un enfoque de derechos humanos que coloca en el centro de las prioridades a las personas; bajo las perspectivas territorial, multisectorial y transversal.

Este Programa está definido en el artículo 3º de la Ley de Aguas Nacionales como el documento rector de los Programas Hídricos de las cuencas del país. Se trata de un instrumento que ordena objetivos prioritarios, estrategias prioritarias y acciones puntuales, para alcanzar metas que contribuirán al cumplimiento del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y este a su vez al logro del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024.

El Programa Nacional Hídrico se formula en atención a las prioridades que demandan el bienestar social y el desarrollo económico, sin poner en peligro el equilibrio ecológico.

El proyecto *Adecuación de la presa El Zapotillo y construcción de acueductos: Zapotillo - El Salto y El Salto - La Red - Calderon, para el abastecimiento integral de agua en bloque al Área Metropolitana de Guadalajara, Jalisco* para el Abastecimiento de Agua del Área Metropolitana de Guadalajara está alineado a las siguientes políticas y programas

Para el logro de cada uno de los 5 objetivos prioritarios del PNH, se definieron 20 estrategias prioritarias y, que a su vez incluyen intervenciones de política pública a través de un conjunto de 88 acciones puntuales, las cuales se enlistan a continuación.

**Objetivo 1.** Garantizar progresivamente los derechos humanos al agua y al saneamiento, especialmente en la población más vulnerable

**Estrategia 1.4.** Atender los requerimientos de infraestructura hidráulica para hacer frente a las necesidades presentes y futuras

**Cuadro 4.6** Programa Nacional Hídrico 2020-2024

Acción puntual	Tipo	Institución coordinadora
1.4.1 Identificar los requerimientos de infraestructura de agua potable, drenaje y tratamiento de aguas residuales en los centros de población	De coordinación	Conagua
1.4.3 Revisar, y en su caso concluir, los proyectos de agua potable y saneamiento en curso	Específica	Conagua

Fuente: Plan Nacional de Desarrollo

**LINEAMIENTOS para la determinación de la información que deberá contener el mecanismo de planeación de programas y proyectos de inversión (viernes 27 de abril de 2012).**

El Mecanismo de Planeación de los programas y proyectos de inversión, que incluye aquellas acciones que impulse el Gobierno Federal, a través de asociaciones público privadas, para la prestación de servicios al sector público o al usuario final y en los que se utilice infraestructura provista total o parcialmente por el sector privado con objetivos que aumenten el bienestar social y los niveles de inversión en el país; es el instrumento por medio del cual las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal definen los objetivos, estrategias y prioridades de Corto Plazo, Mediano Plazo y Largo Plazo en materia de inversión, conforme a lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo y en los programas sectoriales, institucionales, regionales y especiales que de él se desprendan; así como en aquellos documentos de análisis, prospectiva, planes de negocios o programas multianuales, que de manera normal o recurrente elaboran.

Como parte del proceso para la programación de los recursos destinados a programas y proyectos de inversión, el Mecanismo de Planeación deberá contemplar un horizonte de seis años, a fin de mantener un enfoque estratégico de la inversión. Dicho Mecanismo de Planeación deberá ser revisado y actualizado anualmente con la finalidad de guardar congruencia con los objetivos nacionales, estrategias y prioridades contenidas en el Plan Nacional de Desarrollo y en los programas sectoriales, institucionales, regionales y especiales que de él se desprendan, considerando los resultados de los programas y proyectos de inversión que han sido ejecutados.

Para efectos de la elaboración del Mecanismo de Planeación de los programas y proyectos de inversión, previsto en el artículo 34, fracción I, de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria, las dependencias y entidades de la

Administración Pública Federal, deberán identificar los programas y proyectos de inversión en proceso, y aquellos a realizarse en los siguientes seis ejercicios fiscales, priorizarlos e incluirlos en dicho Mecanismo de Planeación.

En dicha identificación, las dependencias y entidades deberán establecer las necesidades de inversión en el Corto Plazo, Mediano Plazo y Largo Plazo, conforme a lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo y en los programas sectoriales, institucionales, regionales y especiales que de él se desprendan.

Cuando las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal soliciten el registro en la Cartera de algún nuevo programa o proyecto de inversión, o realicen alguna modificación en el módulo de cartera del sistema PIPP, deberán indicar que está incluido en el Mecanismo de Planeación. En caso de no estar contemplado en el Mecanismo de Planeación, deberán especificar dentro de la Sección de Datos Generales del sistema PIPP, su alineación al **Plan Nacional de Desarrollo, y, en su caso, a los programas sectoriales, institucionales, regionales y especiales.**

En lo que se refiere al trazo de la red, esta se localiza los primeros 18.5 km paralelamente al Acueducto Tepatitlán. Será necesario construir un cruce superior por puente vial existente para el paso por la Autopista Federal 80D cuya longitud es de 60 m en el cruce con el Camino a San Francisco, se alojará también 100 m sobre derecho de vía de la Carretera Federal 80, posteriormente continuará por 1 km sobre el derecho de vía de la Carretera Estatal 314, la mayor parte de la red se alojará en el derecho de vía del Libramiento Tepatitlán de jurisdicción estatal en una longitud de 15.2 km para finalmente integrarse en la vialidad municipal sin nombre hasta el Arroyo Calderón. Lo anterior garantiza las servidumbres de paso a lo largo de la misma.

## PLAN ESTATAL DE GOBERNANZA Y DESARROLLO 2018-2024 - VISIÓN 2030

El proyecto está alineado al Eje Temático 6.6 “Desarrollo Sostenible del Territorio”

Las temáticas ligadas a este eje estudian el manejo territorial sustentable y sostenible de la entidad para un desarrollo integral en armonía con el medio ambiente. Para esto se debe impulsar un ordenamiento territorial que maneje de forma integral el agua, y donde se cuiden los ecosistemas y la biodiversidad; además, se requiere una planeación profesional en torno a la infraestructura que requiere el estado, sobre todo en el transporte que requiere la población.

## Programa

### Gestión integral del agua.

Acciones de planeación, rehabilitación y creación de nueva infraestructura, encaminadas a lograr una gestión integral del agua en Jalisco, incluyendo de manera prioritaria el saneamiento, la reutilización de agua residual, la mejora del abastecimiento en el Estado y de la infraestructura hidroagrícola. Participan: Secretaría de Gestión Integral del Agua, Secretaría de Infraestructura y Obra Pública, Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial, Secretaría de Desarrollo Económico, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural e IMEPLAN.

### Objetivos y resultados

#### Objetivo temático narrativo

Garantizar el derecho humano al agua y al saneamiento, a través de la gestión integral del recurso hídrico con visión de cuenca, que asegure un aprovechamiento sustentable y equitativo del agua superficial y subterránea, y permita la conservación de la biodiversidad y los procesos ecosistémicos.

#### *Resultado general esperado 2024*

Abastecimiento, conservación y aprovechamiento equitativo y sustentable del agua para la población, las actividades productivas y los ecosistemas.

### Resultados específicos

5. Incremento en la captación del agua.
6. Cobertura ampliada del acceso al agua con un servicio íntegro y de calidad.
11. Construcción de infraestructura sensible al agua que genera resiliencia ante fenómenos hidrometeorológicos extremos y los efectos del cambio climático.

### IV.3 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La cortina se encuentra cimentada sobre el río Verde en las coordenadas UTM X=727,920.9686; Y=2,338,910.2516, ubicándose entre los municipios de Yahualica de González Gallo sobre su margen izquierda y en el municipio de Cañadas de Obregón sobre su margen derecha. La planta de bombeo tiene las siguientes coordenadas:

Vértice	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
V1	728423.56	2339111.7
V2	728441.37	2339172.5
V3	728402.18	2339183.2
V4	728396.59	2339174.9
V5	728380.96	2339125.1
Superficie = 2803 m <sup>2</sup>		

En lo que corresponde a la subestación eléctrica, las coordenadas son las siguientes:

Vértice	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
V1	728441.49	2339207.3
V2	728464.7	2339234.6
V3	728445.62	2339247.7



Vértice	Coordenadas UTM	
V4	728422.25	2339222.6
Superficie = 940 m <sup>2</sup>		

Las coordenadas del polígono propuesto para las instalaciones de la PB2 son:

Vértice	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
V1	729145.09	2338797.46
V2	729210.83	2338883.40
V3	729146.76	2338935.53
V4	729081.14	2338849.54
Superficie = 9010 m <sup>2</sup>		

El acueducto y obras adicionales se localización conforma a las siguientes coordenadas geográfica.

No	Componente	Longitud	Latitud	Elevación (msnm)
1	Conexión a la obra de toma de la presa El Salto	102°42'26.72"O	21° 2'37.05"N	1792.99
2	Estación de bombeo	102°42'36.01"O	21° 2'25.57"N	1789.5
3	Tanque de cambio de régimen (línea de impulsión a línea a gravedad)	102°41'0.01"O	20°59'17.61"N	2025.1
4	Caja rompedora de presión	102°42'44.09"O	20°52'35.15"N	1968.31
5	Cambio de régimen (línea a gravedad a canal a superficie libre)	102°46'24.04"O	20°44'52.57"N	1790.1
6	Descarga al río Calderón	102°46'19.81"O	20°44'29.95"N	1746.95

Fuente: CEA Jalisco.

#### IV.4 CALENDARIO DE ACTIVIDADES

El programa de inversiones está previsto a concluir en 1 año.

#### IV.5 MONTO TOTAL DE INVERSIÓN

El monto total de inversión estimado asciende a \$6,823,030,667.90 (seis mil ochocientos veintitrés millones treinta mil seiscientos sesenta y siete pesos 90/100 M.N.) IVA incluido expresado en pesos de 2022.

**Cuadro 4.7** Inversión estimada (pesos 2022)

	MONTO CON IVA Pesos 2022	MONTO SIN IVA Pesos 2022
Adecuaciones a la Presa	\$960,590,161.60	\$828,094,966.90
Subestaciones eléctricas	\$116,036,032.00	\$100,031,062.07
Línea de conducción Zapotillo-El Salto	\$3,027,600,000.00	\$2,610,000,000.00
Línea de conducción El Salto-Calderón	\$2,292,804,474.30	\$1,976,555,581.29
Ampliación de potabilizadoras	\$426,000,000.00	\$367,241,379.31
<b>Total</b>	<b>\$6,823,030,667.90</b>	<b>\$5,881,922,989.57</b>

Nota: Incluye los recursos necesarios para contratar la gerencia externa del proyecto, supervisión, pago de indemnizaciones, adquisición de predios, mitigación de impactos ambientales, ingenierías, afectaciones a infraestructura existente en el sitio de la presa, instrumentación para monitoreo y operación, así como obras complementarias para abastecimiento de agua potable y gestión sanitaria a comunidades rurales; y los gastos operativos que requiere la obra.

Fuente: CEA Jalisco y Organismo de Cuenca Lerma Santiago Pacífico.

#### IV.6 FUENTES DE FINANCIAMIENTO

De conformidad con el programa de obra, se establecerá las fuentes de recursos para la ejecución del proyecto.

#### IV.7 CAPACIDAD INSTALADA

El proyecto permitirá entregar 3.0 m<sup>3</sup>/s promedio anual.

#### IV.8 METAS ANUALES Y TOTALES DE PRODUCCIÓN

La operación del acueducto permitirá incrementar el gasto disponible en 3.0 m<sup>3</sup>/s, de forma que las metas de producción de agua son las siguientes.

**Cuadro 4.8** Metas anuales de producción (lps)

	Pozos SIAPA	Presa Calderón	Lago de Chapala	Municipios	Acueducto	PRODUCCIÓN (LPS)
2023	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2024	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2025	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2026	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2027	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2028	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2029	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2030	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2031	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2032	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2033	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2034	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2035	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2036	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2037	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2038	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2039	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2040	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2041	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2042	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2043	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2044	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2045	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2046	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2047	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2048	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117

	Pozos SIAPA	Presa Calderón	Lago de Chapala	Municipios	Acueducto	PRODUCCIÓN (LPS)
2049	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2050	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2051	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117
2052	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117

Fuente: CEA Jalisco.

#### IV.9 VIDA ÚTIL.

Para la evaluación se está considerando una vida útil de las inversiones de 30 años, lo que es consistente con lo que se ha observado en obras e instalaciones de generación de energía hidroeléctrica del país. El horizonte de evaluación contemplado en la evaluación es 31 años.

#### IV.10 DESCRIPCIÓN DE LOS ASPECTOS MÁS RELEVANTES

Este subcapítulo está enfocado en los aspectos más relevantes con respecto a la viabilidad del proyecto de inversión, que incluye las conclusiones de la factibilidad técnica, legal, ambiental.

#### IV.11 ANÁLISIS DE LA OFERTA

La metodología para estimar la oferta se detalló en los capítulos de la situación actual y situación sin el proyecto de inversión.

**Cuadro 4.9** Proyección de la oferta en la situación con proyecto (l/s).

	POZOS SIAPA	PRESA EGC	LAGO DE CHAPALA	MUNICIPIOS	ACUEDUCTO	PRODUCCIÓN	OFERTA
2023	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,215

	POZOS SIAPA	PRESA EGC	LAGO DE CHAPALA	MUNICIPIOS	ACUEDUCTO	PRODUCCIÓN	OFERTA
2024	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,255
2025	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,294
2026	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2027	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2028	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2029	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2030	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2031	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2032	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2033	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2034	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2035	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2036	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2037	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2038	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2039	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2040	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2041	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2042	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2043	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2044	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2045	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2046	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2047	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2048	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2049	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2050	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2051	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333
2052	1,852	932	5,878	1,456	3,000	13,117	8,333

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA Jalisco.

Por lo anterior, la producción de agua potable para el AMG se puede incrementar en el año 2023 a 13.1 m<sup>3</sup>/s.

#### IV.12 ANÁLISIS DE LA DEMANDA

La demanda de agua potable está definida con base en un consumo promedio de acuerdo con la función de demanda para la región de estudio para los usuarios domésticos de 174.4 l/hab/día, así como seguir dando el consumo actual a los usuarios no domésticos, el pronóstico de población de CONAPO.

Por lo anterior, se reitera una proyección de la demanda con proyecto (2022) de 11.7 m<sup>3</sup>/s que se estima llegue a 13.5 m<sup>3</sup>/s en el año 2052.

**Cuadro 4.10** Proyección de demanda de la situación con proyecto del AMG (l/s).

	DEMANDA DOMÉSTICA	DEMANDA NO DOMÉSTICOS	DEMANDA TOTAL
2022	10,492	1,200	11,691
2023	10,584	1,209	11,793
2024	10,674	1,218	11,892
2025	10,760	1,228	11,988
2026	10,843	1,237	12,080
2027	10,923	1,247	12,170
2028	11,001	1,256	12,257
2029	11,075	1,266	12,341
2030	11,146	1,276	12,422
2031	11,214	1,286	12,501
2032	11,280	1,297	12,576
2033	11,342	1,307	12,649
2034	11,401	1,318	12,719
2035	11,458	1,328	12,786
2036	11,511	1,339	12,850
2037	11,561	1,350	12,911
2038	11,609	1,361	12,970
2039	11,653	1,372	13,025
2040	11,694	1,384	13,078
2041	11,732	1,395	13,127
2042	11,766	1,407	13,173

	DEMANDA DOMÉSTICA	DEMANDA NO DOMÉSTICOS	DEMANDA TOTAL
2043	11,798	1,418	13,216
2044	11,826	1,430	13,256
2045	11,851	1,442	13,293
2046	11,872	1,454	13,327
2047	11,890	1,467	13,357
2048	11,906	1,479	13,385
2049	11,917	1,492	13,409
2050	11,926	1,505	13,431
2051	11,935	1,517	13,452
2052	11,943	1,530	13,474

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA Jalisco.

La metodología para estimar la demanda se detalló en los apartados de la situación actual del proyecto de inversión y situación sin el proyecto de inversión.

#### IV.13 INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA

El balance Oferta – Demanda en la situación con proyecto se muestra en los cuadros siguientes. Se aprecia que en el año 2023 con la operación del proyecto, el déficit de agua pasa de 5.5 m<sup>3</sup>/s (sin proyecto) a 3.6 m<sup>3</sup>/s.

**Cuadro 4.11** Proyección del balance oferta- demanda de la situación con proyecto del AMG (l/s).

	DEMANDA	OFERTA	BALANCE
2022	11,691	6,306	-5,385
2023	11,793	8,215	-3,578
2024	11,892	8,255	-3,637
2025	11,988	8,294	-3,693
2026	12,080	8,333	-3,747

	DEMANDA	OFERTA	BALANCE
2027	12,170	8,333	-3,837
2028	12,257	8,333	-3,924
2029	12,341	8,333	-4,008
2030	12,422	8,333	-4,089
2031	12,501	8,333	-4,167
2032	12,576	8,333	-4,243
2033	12,649	8,333	-4,316
2034	12,719	8,333	-4,386
2035	12,786	8,333	-4,453
2036	12,850	8,333	-4,517
2037	12,911	8,333	-4,578
2038	12,970	8,333	-4,636
2039	13,025	8,333	-4,692
2040	13,078	8,333	-4,744
2041	13,127	8,333	-4,793
2042	13,173	8,333	-4,840
2043	13,216	8,333	-4,883
2044	13,256	8,333	-4,923
2045	13,293	8,333	-4,959
2046	13,327	8,333	-4,993
2047	13,357	8,333	-5,024
2048	13,385	8,333	-5,051
2049	13,409	8,333	-5,076
2050	13,431	8,333	-5,097
2051	13,452	8,333	-5,119
2052	13,474	8,333	-5,140

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA Jalisco.



**Gráfica 4.1 Interacción Oferta – Demanda de agua con el proyecto (l/s).**



Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA Jalisco.

## V. EVALUACIÓN DEL PPI

La evaluación del proyecto de inversión consiste en la comparación de los flujos esperados de beneficios y costos del proyecto valorados a precios de mercado, al tiempo que se identifique aquellos efectos positivos o negativos que no hayan sido posible de medir (en caso de que así suceda).

### V.1 IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE COSTOS DEL PPI.

#### V.1.1 COSTOS DE INVERSIÓN.

Los principales componentes de inversión para el desarrollo del proyecto se presentan en el cuadro 5.1

**Cuadro 5.1** Costos de Inversión (pesos 2022)

	MONTO CON IVA Pesos 2022	MONTO SIN IVA Pesos 2022
Adecuaciones a la Presa	\$960,590,161.60	\$828,094,966.90
Subestaciones eléctricas	\$116,036,032.00	\$100,031,062.07
Línea de conducción Zapotillo-El Salto	\$3,027,600,000.00	\$2,610,000,000.00
Línea de conducción El Salto-Calderón	\$2,292,804,474.30	\$1,976,555,581.29
Ampliación de potabilizadoras	\$426,000,000.00	\$367,241,379.31
<b>Total</b>	<b>\$6,823,030,667.90</b>	<b>\$5,881,922,989.57</b>

Nota: Incluye los recursos necesarios para contratar la gerencia externa del proyecto, supervisión y los gastos operativos que requiere la obra.

Fuente: Elaboración propia con información de la CEA Jalisco.

De conformidad con la información validada con la CONAGUA, durante el periodo 2005-2021 se realizaron diversas inversiones en el sitio de la cortina de la Presa Zapotillo. Estas inversiones corresponden a la concepción original del proyecto, y

dado el carácter de gastos no recuperables, por definición se denominan costos hundidos. Esto implica que no deberían formar parte de flujo de evaluación del proyecto bajo análisis. Sin embargo, como parte del registro en Cartera, se elaborará un escenario considerando todos los componentes de inversión que contribuyen para el aporte de agua en bloque para el AMG.

En monto de inversión erogado durante el periodo 2006-2021 (incluyendo IVA) asciende a \$8,457,102,140.00 (ocho mil cuatrocientos cincuenta y siete millones ciento dos mil ciento cuarenta pesos 00/100 M.N.) expresado en pesos 2022.

**Cuadro 5.2** Inversión en componentes presa Zapotillo 2006-2021 (pesos 2022)

AÑO	Pesos 2022
2006	\$56,873,826.00
2007	\$7,643,706.00
2008	\$119,747,074.00
2009	\$713,387,325.00
2010	\$1,117,002,373.00
2011	\$785,220,618.00
2012	\$1,209,114,651.00
2013	\$1,523,073,116.00
2014	\$1,400,640,345.00
2015	\$480,164,117.00
2016	\$289,318,460.00
2017	\$76,826,058.00
2018	\$166,233,096.00
2019	\$204,547,041.00
2020	\$208,921,653.00
2021	\$98,388,681.00

Fuente: Elaboración propia con información de la CONAGUA.

## V.1.2 COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Para la estimación de los costos anuales de operación y mantenimiento se tomaron en cuenta los aspectos relacionados al bombeo, la potabilización y mantenimiento del equipos y línea de impulsión y de gravedad, mismo que se presenta en el cuadro 5.3.

**Cuadro 5.3** Costos anuales de operación y mantenimiento del proyecto (pesos de 2022)

Concepto	Pesos 2022
Costo bombeo	\$240,145,790.75
Planta de bombeo	\$6,227,165.41
Mantenimiento de la línea de impulsión y tanque de cambio de régimen	\$799,372.98
Mantenimiento de la línea a gravedad	\$575,615.00
Potabilización	\$86,195,235.08
Total sin IVA	\$333,943,179.21
Total con IVA	\$387,374,087.89

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la CEA Jalisco.

En cuanto a flujo, en el cuadro siguiente se presenta la estimación prevista.

**Cuadro 5.4** Costos de operación y mantenimiento sin IVA (pesos 2022)

AÑO	Pesos 2022
2023	\$333,943,179.21
2024	\$333,943,179.21
2025	\$333,943,179.21
2026	\$333,943,179.21
2027	\$333,943,179.21
2028	\$333,943,179.21
2029	\$333,943,179.21
2030	\$333,943,179.21
2031	\$333,943,179.21
2032	\$333,943,179.21
2033	\$333,943,179.21
2034	\$333,943,179.21
2035	\$333,943,179.21
2036	\$333,943,179.21
2037	\$333,943,179.21
2038	\$333,943,179.21
2039	\$333,943,179.21

AÑO	Pesos 2022
2040	\$333,943,179.21
2041	\$333,943,179.21
2042	\$333,943,179.21
2043	\$333,943,179.21
2044	\$333,943,179.21
2045	\$333,943,179.21
2046	\$333,943,179.21
2047	\$333,943,179.21
2048	\$333,943,179.21
2049	\$333,943,179.21
2050	\$333,943,179.21
2051	\$333,943,179.21
2052	\$333,943,179.21

Fuente: Elaboración propia con información de la CEA Jalisco.

## V.2 IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS DEL PPI.

Los beneficios identificados debido al proyecto son (1) mayor consumo y (2) disminución de costos asociado a los acarreos intradomiciliarios<sup>14</sup>, los cuales reflejan el impacto del proyecto en la población. En el presente análisis costo-beneficio, únicamente se cuantificó y valoró el beneficio por mayor consumo, por lo que forma parte de los indicadores de rentabilidad.

Para calcular los beneficios del proyecto, es indispensable contar con una función de demanda que determine la disposición a pagar de la población por el agua potable.

### V.2.1 FUNCIÓN DE DEMANDA

<sup>14</sup> Este beneficio únicamente se identificó y corresponde a la eliminación de costos por acarreos intradomiciliarios y costos de operación de bombas domésticas durante la disminución de suministro debido a tandeo.

Para el desarrollo de la función de la demanda, se utilizó el estudio “Estimación de los factores y funciones de la demanda de agua potable en el sector doméstico en México” que realizó la CONAGUA en el 2012, del cual se obtuvieron las funciones de demanda de diferentes tipos de clima<sup>15</sup>.

La estimación de funciones de demanda de agua potable doméstica requiere de información específica, tanto sobre las características sociodemográficas y económicas propias del hogar como de su entorno físico, así como asociarla al nivel de consumo y al precio pagado. Para la AMG, la función de demanda que se aplica es la correspondiente al clima Cálido subhúmedo, de acuerdo con la clasificación de climas que corresponde a la región.

**Cuadro 5.5** Funciones de demanda por agrupamiento climático

CLIMA	FUNCION	Elasticidad precio
Cálido Subhúmedo	$Q = e^{2.094} * P^{-0.322} * N^{0.445} * e^{0.040 * TMA} * e^{-0.361 * SD}$	-0.322

Fuente: Elaboración propia a partir de estudio de demanda de agua de CONAGUA.

Los datos de la zona que se obtuvieron y utilizaron para la determinación de la función de la demanda son los siguientes.

**Cuadro 5.6** Datos para la función de la demanda

Municipio	Población <sup>1/</sup>	Índice de hacinamiento N <sup>2/</sup>	Tipo de clima	Temperatura media anual TMA <sup>3/</sup>	Precipitación (mm) <sup>3/</sup>
<b>Guadalajara</b>	1,385,629	3.46	Cálido Subhúmedo	23.5	984
<b>Zapopan</b>	1,476,491	3.46	Cálido Subhúmedo	23.5	1,007
<b>Tlaquepaque</b>	687,127	3.70	Cálido Subhúmedo	23.5	999

<sup>15</sup> Comisión Nacional del Agua, (2008), Metodologías de Evaluación Socioeconómica para Proyectos de Agua Potable, Alcantarillado, Saneamiento, Mejoramiento de Eficiencia y Protección a Centros de Población, SEMARNAT, México.

Municipio	Población <sup>1/</sup>	Índice de hacinamiento N <sup>2/</sup>	Tipo de clima	Temperatura media anual TMA <sup>3/</sup>	Precipitación (mm) <sup>3/</sup>
<b>Tonalá</b>	569,913	3.78	Cálido Subhúmedo	23.5	829
<b>Tlajomulco de Zúñiga</b>	727,750	3.42	Cálido Subhúmedo	19.3	783
<b>Ixtlahuacán de los Membrillos</b>	67,969	3.44	Cálido Subhúmedo	20.3	837
<b>Juanacatlán</b>	30,855	3.54	Cálido Subhúmedo	19.0	1,000
<b>El Salto</b>	232,852	3.72	Cálido Subhúmedo	19.7	1,000
<b>TOTAL/PROMEDIO</b>	<b>5,178,586</b>	<b>3.53</b>	<b>Cálido Subhúmedo</b>	<b>21.5</b>	<b>1,000</b>

Nota: 1/ Censo de Población y Vivienda 2020.INEGI.

[https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html#Datos\\_abiertos](https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html#Datos_abiertos)

2/ Promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas por entidad federativa. INEGI.

[https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=Vivienda\\_Vivienda\\_02\\_ada7bd46-f22e-4a3f-83a4-2a66d45baf66](https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=Vivienda_Vivienda_02_ada7bd46-f22e-4a3f-83a4-2a66d45baf66)

3/ Instituto de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Guadalajara y Sistema Meteorológico Nacional.

<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>

Fuente: Elaboración propia.

Con dichos datos, se determina la función de la demanda.

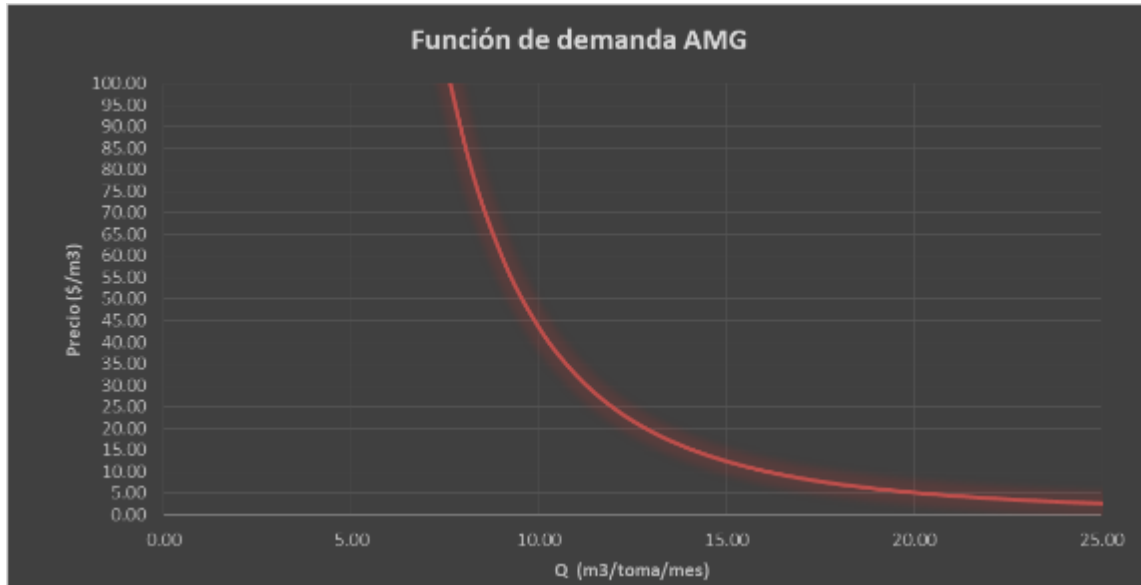
$$Q = e^{2.094} * P^{-0.322} * N^{0.445} * e^{0.04 * TMA} * e^{-0.361 * SD}$$

Por lo cual, sustituyendo los valores en la función:

$$Q = 33.67309082 * P^{-0.322}$$

Con lo cual se puede obtener la función de demanda para evaluar el proyecto.

**Gráfica 5.1** Función de demanda para la AMG



Fuente: Elaboración propia.

### V.2.2 BENEFICIOS POR MAYOR CONSUMO.

La estimación de los beneficios anuales corresponden a la diferencia entre el consumo de la oferta de agua en la situación sin proyecto, comparándose con el consumo que se obtendrá con la adición del proyecto a la oferta.

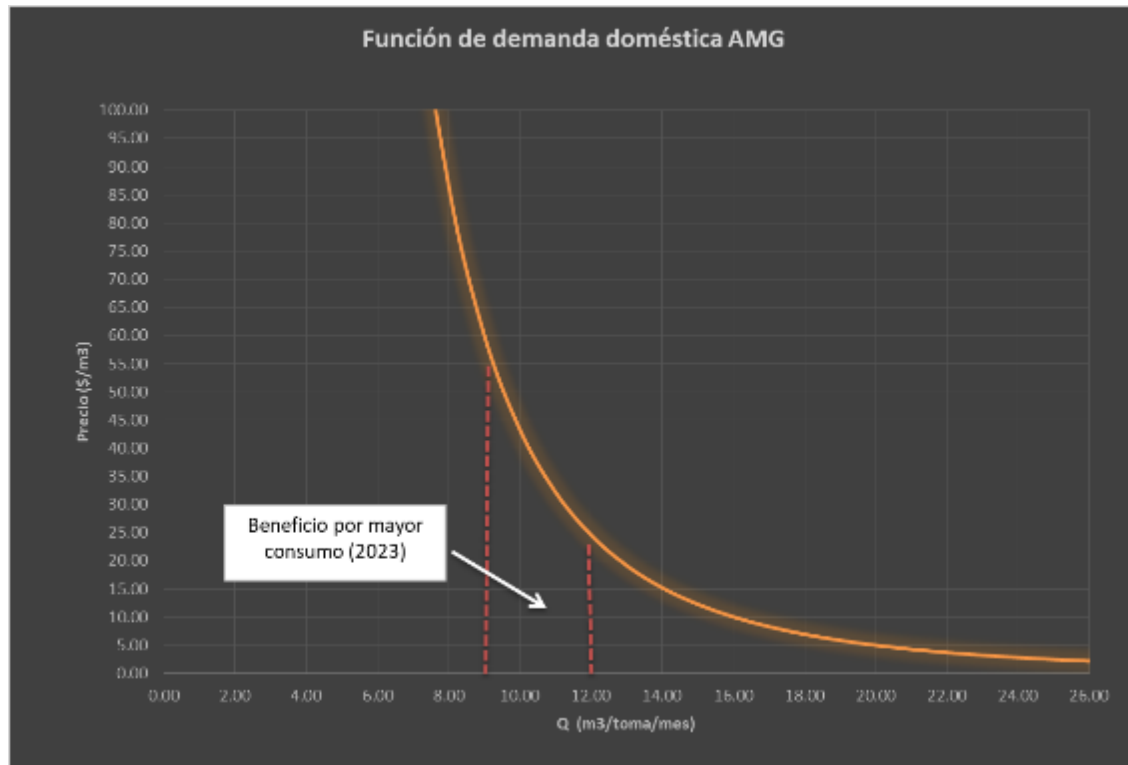
En caso de no ejecutarse el proyecto, se generarían paulatinamente mayores restricciones en el suministro de agua potable para los habitantes del AMG, de manera que se espera que sus niveles de consumo sean cada vez menores, con respecto a lo que estarían dispuestos a consumir ante las tarifas vigentes.

Una vez que la infraestructura de producción adicional del proyecto entre en operación, los habitantes del AMG podrán consumir los niveles de agua que su disposición a pagar les permita, generando un beneficio social por mayor consumo de agua.



Los elementos metodológicos para la estimación de estos beneficios se presentan en la siguiente gráfica.

**Gráfica 5.2** Beneficio por mayor consumo



Fuente: Elaboración propia.

Para la valoración monetaria de este beneficio, se hace uso de la función de demanda estimada para los usuarios domésticos. A partir de los resultados del estudio de demanda y la región del estudio, se obtuvo un consumo promedio de 174.4 l/hab/día para la situación con proyecto.

En este sentido, el beneficio se valora estimando el área bajo la curva de demanda que representa el mayor consumo de agua potable generado por el proyecto, para posteriormente multiplicar dicha área por el número de usuarios

y por los 12 meses del año, lo que permite obtener el beneficio anual por mayor consumo generado por el proyecto. El segmento de la demanda que representa el mayor consumo está delimitado por el consumo por toma por mes para la situación con proyecto, y por el consumo por toma por mes para la situación sin proyecto.

Para tal fin, se estimará el área bajo la función de demanda de cada año considerando el consumo sin y con proyecto.

El procedimiento es el siguiente.

1.- Se calculan los consumos sin y con proyecto, considerando la producción, pérdidas y consumos de otros usuarios.

**Cuadro 5.7** Proyección de los consumos sin proyecto

	Consumos sin proyecto (l/hab/día)	Consumos sin proyecto (m³/toma/mes)
2023	84.5	9.0
2024	84.1	8.9
2025	83.8	8.9
2026	83.5	8.8
2027	82.7	8.8
2028	82.0	8.7
2029	81.3	8.6
2030	80.6	8.5
2031	79.9	8.5
2032	79.3	8.4
2033	78.7	8.3
2034	78.2	8.3
2035	77.6	8.2
2036	77.1	8.2
2037	76.6	8.1
2038	76.1	8.1



	Consumos sin proyecto (l/hab/día)	Consumos sin proyecto (m³/toma/mes)
2039	75.7	8.0
2040	75.2	8.0
2041	74.8	7.9
2042	74.4	7.9
2043	74.0	7.8
2044	73.7	7.8
2045	73.4	7.8
2046	73.0	7.7
2047	72.8	7.7
2048	72.5	7.7
2049	72.2	7.7
2050	72.0	7.6
2051	71.7	7.6
2052	71.5	7.6

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 5.8** Proyección de los consumos con proyecto

	Consumos con proyecto l/hab/día	Consumos con proyecto (m³/toma/mes)
2023	115.4	12.2
2024	115.0	12.2
2025	114.5	12.1
2026	114.1	12.1
2027	113.1	12.0
2028	112.2	11.9
2029	111.3	11.8
2030	110.4	11.7
2031	109.6	11.6
2032	108.8	11.5
2033	108.0	11.5
2034	107.3	11.4
2035	106.6	11.3

	Consumos con proyecto l/hab/día	Consumos con proyecto (m³/toma/mes)
2036	106.0	11.2
2037	105.3	11.2
2038	104.7	11.1
2039	104.2	11.0
2040	103.6	11.0
2041	103.1	10.9
2042	102.7	10.9
2043	102.2	10.8
2044	101.8	10.8
2045	101.4	10.7
2046	101.0	10.7
2047	100.7	10.7
2048	100.4	10.6
2049	100.1	10.6
2050	99.9	10.6
2051	99.6	10.6
2052	99.3	10.5

Fuente: Elaboración propia.

## 2.- Se determina el área bajo la función de la demanda

La diferencia entre estos consumos son los que determinaron la rentabilidad del proyecto al determinar el área bajo la función de demanda descrita anteriormente.

Para tal fin, se realiza la integración del área bajo la curva desde el consumo sin proyecto hasta el consumo con proyecto, cuidando que el precio implícito de dichos consumos no sea mayor que el de obtener el agua por un método alternativo, como es el agua en pipa.

A partir de la información obtenida mediante las encuestas realizadas por la CEA Jalisco, se observa que el precio del agua en pipa asciende a \$119/m<sup>3</sup> (pesos 2022), precio del cual no puede subir el precio implícito del proyecto.

El precio implícito se obtiene de igual forma con la función de demanda obtenida.

$$P = (Q/A)^{(1/e)}$$

$$A = 33.67309082$$

$$e = -0.322$$

**Cuadro 5.9** Precios implícitos sin y con proyecto

	Precios implícitos sin proyecto	Precios implícitos con proyecto
2023	\$61.1	\$23.2
2024	\$62.0	\$23.5
2025	\$62.7	\$23.8
2026	\$63.5	\$24.0
2027	\$65.3	\$24.7
2028	\$67.1	\$25.3
2029	\$69.0	\$26.0
2030	\$70.8	\$26.6
2031	\$72.6	\$27.3
2032	\$74.4	\$27.9
2033	\$76.1	\$28.5
2034	\$77.9	\$29.1
2035	\$79.6	\$29.7
2036	\$81.3	\$30.3
2037	\$82.9	\$30.8
2038	\$84.6	\$31.4
2039	\$86.2	\$31.9
2040	\$87.7	\$32.4
2041	\$89.2	\$32.9

	Precios implícitos sin proyecto	Precios implícitos con proyecto
2042	\$90.7	\$33.4
2043	\$92.1	\$33.8
2044	\$93.5	\$34.3
2045	\$94.8	\$34.7
2046	\$96.0	\$35.1
2047	\$97.3	\$35.4
2048	\$98.4	\$35.8
2049	\$99.5	\$36.1
2050	\$100.5	\$36.4
2051	\$101.6	\$36.7
2052	\$102.6	\$37.0

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, el valor de este beneficio se hace en términos anuales y por el total de tomas para obtener el beneficio total anual atribuible al proyecto, mediante la integración del área bajo la curva.

Haciendo una analogía entre las variables matemáticas (X,Y) y las variables precio y demanda (Q,P), y observando la ecuación:  $Q = f(P) = A \cdot P^e$  la función queda expresada en la siguiente forma:

$$P = f(Q) = \left( \frac{Q}{A} \right)^{\frac{1}{e}}$$

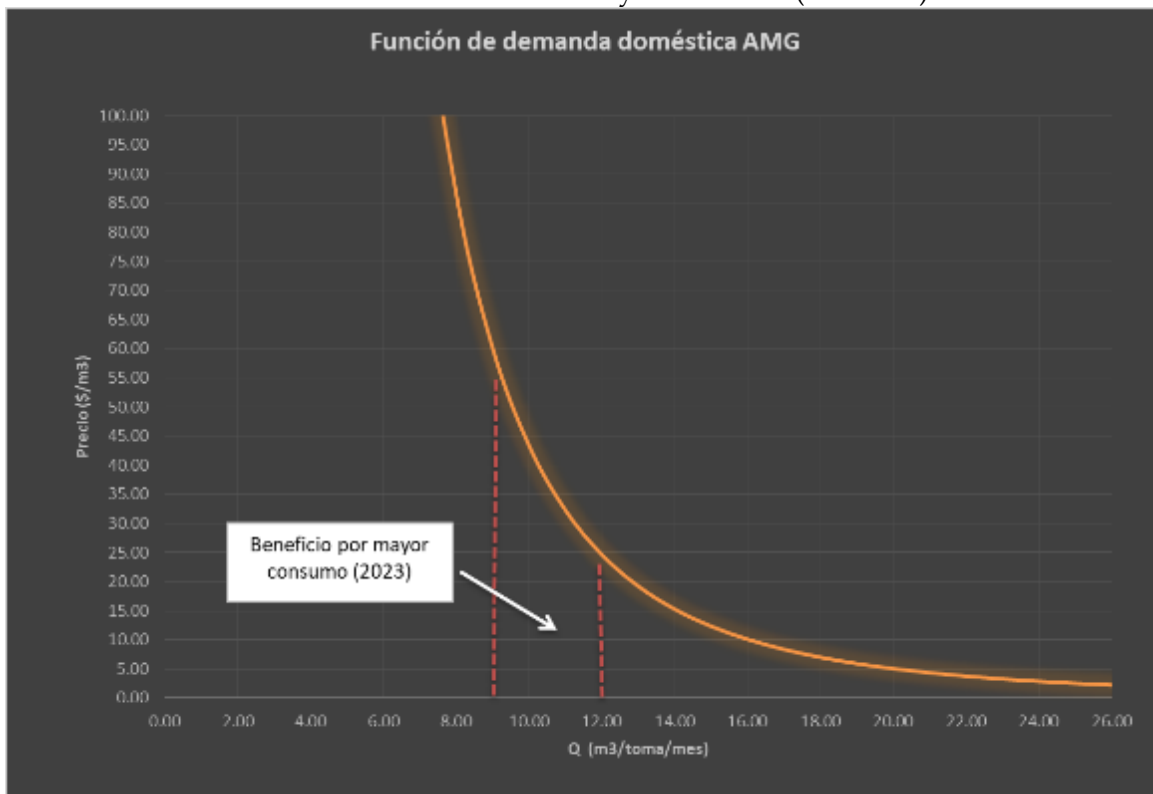
Cuya integral resulta ser:

$$\int P = \int_{Q_1}^{Q_2} \left( \frac{Q}{A} \right)^{\frac{1}{e}} dQ = \left[ \frac{e}{A^{\frac{1}{e}} + A^{\frac{1}{e}} \cdot e} \right] \cdot Q^{\frac{1+e}{e}} \Bigg|_{Q_1}^{Q_2} = \left[ \frac{e}{A^{\frac{1}{e}} + A^{\frac{1}{e}} \cdot e} \right] \cdot \left( Q_2^{\frac{1+e}{e}} - Q_1^{\frac{1+e}{e}} \right)$$

Es decir, que el beneficio se calcula con la fórmula:

$$beneficio := \frac{e}{A^{\frac{1}{e}} + A^{\frac{1}{e}} \cdot e} \cdot \left( Q_2^{\frac{1+e}{e}} - Q_1^{\frac{1+e}{e}} \right)$$

**Gráfica 5.3** Beneficio de mayor consumo (año 2023)



Fuente: Elaboración propia.

La estimación del área permite determinar la valoración de los beneficios anuales por el efecto por mayor consumo, los cuales se presentan en el cuadro 5.10.

**Cuadro 5.10 Beneficios por mayor consumo**

<b>AÑO</b>	<b>Pesos 2022</b>
2023	\$2,265,132,499
2024	\$2,306,098,270
2025	\$2,345,357,041
2026	\$2,382,949,259
2027	\$2,450,418,678
2028	\$2,517,433,346
2029	\$2,583,903,266
2030	\$2,649,778,047
2031	\$2,714,941,535
2032	\$2,779,356,330
2033	\$2,842,934,721
2034	\$2,905,559,314
2035	\$2,967,139,881
2036	\$3,027,588,192
2037	\$3,086,821,552
2038	\$3,144,689,667
2039	\$3,201,086,954
2040	\$3,255,894,179
2041	\$3,308,984,702
2042	\$3,360,293,038
2043	\$3,409,665,351
2044	\$3,457,004,089
2045	\$3,502,277,004
2046	\$3,545,408,197
2047	\$3,586,324,069
2048	\$3,624,996,665
2049	\$3,661,331,912
2050	\$3,695,300,472
2051	\$3,729,953,966
2052	\$3,765,311,255

Fuente: Elaboración propia.



### V.2.3 BENEFICIOS POR LIBERACIÓN DE RECURSOS.

De conformidad con lo señalado en el diagnóstico, un amplio porcentaje de la población complementa su consumo mediante la compra de agua en pipa, misma que almacena en tambos, tinacos o cisternas.

Este consumo no es tan significativo respecto del consumo diario, sin embargo, dada la ausencia de un programa de tandeos programados, la compra de agua en pipa sustituye a la incertidumbre de contar con el servicio.

De conformidad con los resultados del estudio realizado en 2015, el 42.3% de la población del AMG requiere agua de pipa debido a tandeos o baja presión en el sistema.

Para considerar parámetros de consumo más actuales, se tomó la información del programa emergente de entrega de agua en pipas realizado por el Gobierno de Jalisco durante el año pasado (2021). Se estimó una entrega promedio de 276.2 litros por persona al mes de agua en pipa, lo que representa 1.6 veces el consumo medio deseado por día que corresponde a 174.4 litros/habitante/día, por lo que resulta un valor conservador. Es decir, del consumo mensual por persona, poco más de día y medio de agua consumida equivale a agua en pipa para el 42.3% de la población atendida (no se tomó en cuenta población no abastecida). La proyección de población y el volumen anual de agua en pipa se muestra en el cuadro siguiente.

**Cuadro 5.11** Proyección de población servida y volumen entregado en pipas

AÑO	Población servida	M³
2023	2,218,192	7,351,327
2024	2,236,945	7,413,476
2025	2,255,030	7,473,412
2026	2,272,477	7,531,233
2027	2,289,277	7,586,910
2028	2,305,451	7,640,513
2029	2,320,997	7,692,034

AÑO	Población servida	M³
2030	2,335,925	7,741,507
2031	2,350,226	7,788,902
2032	2,363,913	7,834,262
2033	2,376,984	7,877,581
2034	2,389,430	7,918,828
2035	2,401,248	7,957,994
2036	2,412,437	7,995,076
2037	2,422,996	8,030,069
2038	2,432,908	8,062,919
2039	2,442,167	8,093,604
2040	2,450,764	8,122,096
2041	2,458,688	8,148,357
2042	2,465,943	8,172,400
2043	2,472,511	8,194,167
2044	2,478,389	8,213,648
2045	2,483,585	8,230,868
2046	2,488,102	8,245,838
2047	2,491,936	8,258,544
2048	2,495,099	8,269,027
2049	2,497,583	8,277,259
2050	2,499,397	8,283,271
2051	2,501,211	8,289,282
2052	2,503,027	8,295,301

Fuente: Elaboración propia.

Para la valoración se tomó un valor promedio del costo de metro cúbico de agua en pipa para el AMG. Durante el programa emergente se tuvo un costo medio por metro cúbico que ascendió a \$163/m³, sin embargo, para considerar un valor medio del AMG, se tomó información de servicios de pipas, dando por resultado \$119/m³, el cual resulta congruente con otras áreas metropolitanas del país. En el cuadro 5.12 se presenta la valoración anual del beneficio de sustituir el consumo de esta fuente mediante el proyecto.

**Cuadro 5.12** Beneficios por liberación de recursos de agua de pipa

AÑO	Pesos 2022
2023	\$874,807,906
2024	\$882,203,692
2025	\$889,336,033
2026	\$896,216,760
2027	\$902,842,323
2028	\$909,221,006
2029	\$915,352,019
2030	\$921,239,306
2031	\$926,879,317
2032	\$932,277,180
2033	\$937,432,105
2034	\$942,340,544
2035	\$947,001,312
2036	\$951,414,017
2037	\$955,578,263
2038	\$959,487,345
2039	\$963,138,899
2040	\$966,529,373
2041	\$969,654,431
2042	\$972,515,649
2043	\$975,105,929
2044	\$977,424,088
2045	\$979,473,280
2046	\$981,254,689
2047	\$982,766,737
2048	\$984,014,158
2049	\$984,993,794
2050	\$985,709,198
2051	\$986,424,601
2052	\$987,140,793

Fuente: Elaboración propia.

### V.3 CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD.

Con base en las estimaciones de costos y beneficios anuales a precios de 2022, y considerando una tasa de descuento de 10%<sup>16</sup>, se calcularon los indicadores de rentabilidad. En la siguiente tabla se presenta la proyección de beneficios y costos. Como se señaló en la descripción de las inversiones, se presentarán los indicadores de rentabilidad para dos escenarios: (1) considerando costo hundido todas las inversiones previas, en virtud de su carácter de gasto no recuperable; y (2) considerando todo el plazo y monto erogado durante 2006-2021.

#### Escenario 1 Programa de inversión por ejecutar 2022

**Cuadro 5.13** Proyección de beneficios y costos sociales (pesos 2022)

AÑO	BENEFICIOS TOTALES	COSTOS TOTALES	FLUJO NETO DE EVALUACIÓN
2022		\$5,881,922,990	-\$5,881,922,990
2023	\$3,139,940,405	\$333,943,179	\$2,805,997,226
2024	\$3,188,301,962	\$333,943,179	\$2,854,358,783
2025	\$3,234,693,074	\$333,943,179	\$2,900,749,895
2026	\$3,279,166,019	\$333,943,179	\$2,945,222,839
2027	\$3,353,261,001	\$333,943,179	\$3,019,317,822
2028	\$3,426,654,352	\$333,943,179	\$3,092,711,173
2029	\$3,499,255,285	\$333,943,179	\$3,165,312,106
2030	\$3,571,017,353	\$333,943,179	\$3,237,074,174
2031	\$3,641,820,852	\$333,943,179	\$3,307,877,673
2032	\$3,711,633,510	\$333,943,179	\$3,377,690,331
2033	\$3,780,366,827	\$333,943,179	\$3,446,423,647
2034	\$3,847,899,858	\$333,943,179	\$3,513,956,679
2035	\$3,914,141,193	\$333,943,179	\$3,580,198,014
2036	\$3,979,002,209	\$333,943,179	\$3,645,059,030
2037	\$4,042,399,814	\$333,943,179	\$3,708,456,635
2038	\$4,104,177,012	\$333,943,179	\$3,770,233,833
2039	\$4,164,225,853	\$333,943,179	\$3,830,282,673
2040	\$4,222,423,552	\$333,943,179	\$3,888,480,373
2041	\$4,278,639,133	\$333,943,179	\$3,944,695,953

<sup>16</sup> Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Subsecretaría de Egresos. Unidad de Inversiones. Oficio 400.1.410.14.009 de fecha 3 de enero de 2014.

AÑO	BENEFICIOS TOTALES	COSTOS TOTALES	FLUJO NETO DE EVALUACIÓN
2042	\$4,332,808,687	\$333,943,179	\$3,998,865,508
2043	\$4,384,771,281	\$333,943,179	\$4,050,828,101
2044	\$4,434,428,177	\$333,943,179	\$4,100,484,997
2045	\$4,481,750,284	\$333,943,179	\$4,147,807,105
2046	\$4,526,662,886	\$333,943,179	\$4,192,719,707
2047	\$4,569,090,806	\$333,943,179	\$4,235,147,627
2048	\$4,609,010,822	\$333,943,179	\$4,275,067,643
2049	\$4,646,325,707	\$333,943,179	\$4,312,382,527
2050	\$4,681,009,670	\$333,943,179	\$4,347,066,491
2051	\$4,716,378,566	\$333,943,179	\$4,382,435,387
2052	\$4,752,452,048	\$333,943,179	\$4,418,508,869

Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse, se obtuvo una rentabilidad positiva medida por el VANS, en tanto que la TIR y la TRI tienen valores superiores a la tasa social de descuento.

**Cuadro 5.14** Indicadores de rentabilidad (pesos 2022)

Valor actual de los beneficios social (VABS)=	\$34,287,823,804
Valor actual de los costos social (VACS)=	\$9,029,976,777
Valor actual neto social (VANS)=	\$25,257,847,028
Tasa interna de retorno social (TIRS)=	49.57%
Tasa de rentabilidad inmediata (TRI)=	47.71%

Fuente: Elaboración propia.

Escenario 2 Programa de inversión 2006-2022

**Cuadro 5.15** Proyección de beneficios y costos sociales (pesos 2022)

AÑO	BENEFICIOS TOTALES	COSTOS TOTALES	FLUJO NETO DE EVALUACIÓN
2006	\$0	\$49,455,501	-\$49,455,501
2007	\$0	\$6,646,701	-\$6,646,701
2008	\$0	\$104,127,890	-\$104,127,890
2009	\$0	\$620,336,804	-\$620,336,804



AÑO	BENEFICIOS TOTALES	COSTOS TOTALES	FLUJO NETO DE EVALUACIÓN
2010	\$0	\$962,933,080	-\$962,933,080
2011	\$0	\$676,914,326	-\$676,914,326
2012	\$0	\$1,042,340,216	-\$1,042,340,216
2013	\$0	\$1,312,994,066	-\$1,312,994,066
2014	\$0	\$1,207,448,573	-\$1,207,448,573
2015	\$0	\$413,934,584	-\$413,934,584
2016	\$0	\$249,412,466	-\$249,412,466
2017	\$0	\$66,229,360	-\$66,229,360
2018	\$0	\$143,304,393	-\$143,304,393
2019	\$0	\$176,333,656	-\$176,333,656
2020	\$0	\$180,104,873	-\$180,104,873
2021	\$0	\$84,817,828	-\$84,817,828
2022	\$0	\$5,881,922,990	-\$5,881,922,990
2023	\$3,139,940,405	\$333,943,179	\$2,805,997,226
2024	\$3,188,301,962	\$333,943,179	\$2,854,358,783
2025	\$3,234,693,074	\$333,943,179	\$2,900,749,895
2026	\$3,279,166,019	\$333,943,179	\$2,945,222,839
2027	\$3,353,261,001	\$333,943,179	\$3,019,317,822
2028	\$3,426,654,352	\$333,943,179	\$3,092,711,173
2029	\$3,499,255,285	\$333,943,179	\$3,165,312,106
2030	\$3,571,017,353	\$333,943,179	\$3,237,074,174
2031	\$3,641,820,852	\$333,943,179	\$3,307,877,673
2032	\$3,711,633,510	\$333,943,179	\$3,377,690,331
2033	\$3,780,366,827	\$333,943,179	\$3,446,423,647
2034	\$3,847,899,858	\$333,943,179	\$3,513,956,679
2035	\$3,914,141,193	\$333,943,179	\$3,580,198,014
2036	\$3,979,002,209	\$333,943,179	\$3,645,059,030
2037	\$4,042,399,814	\$333,943,179	\$3,708,456,635
2038	\$4,104,177,012	\$333,943,179	\$3,770,233,833
2039	\$4,164,225,853	\$333,943,179	\$3,830,282,673
2040	\$4,222,423,552	\$333,943,179	\$3,888,480,373

AÑO	BENEFICIOS TOTALES	COSTOS TOTALES	FLUJO NETO DE EVALUACIÓN
2041	\$4,278,639,133	\$333,943,179	\$3,944,695,953
2042	\$4,332,808,687	\$333,943,179	\$3,998,865,508
2043	\$4,384,771,281	\$333,943,179	\$4,050,828,101
2044	\$4,434,428,177	\$333,943,179	\$4,100,484,997
2045	\$4,481,750,284	\$333,943,179	\$4,147,807,105
2046	\$4,526,662,886	\$333,943,179	\$4,192,719,707
2047	\$4,569,090,806	\$333,943,179	\$4,235,147,627
2048	\$4,609,010,822	\$333,943,179	\$4,275,067,643
2049	\$4,646,325,707	\$333,943,179	\$4,312,382,527
2050	\$4,681,009,670	\$333,943,179	\$4,347,066,491
2051	\$4,716,378,566	\$333,943,179	\$4,382,435,387
2052	\$4,752,452,048	\$333,943,179	\$4,418,508,869

Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente cuadro se presenta los resultados obtenidos.

**Cuadro 5.16** Indicadores de rentabilidad (pesos 2022)

Valor actual de los beneficios social (VABS)=	<b>\$7,462,029,463</b>
Valor actual de los costos social (VACS)=	<b>\$5,935,637,922</b>
Valor actual neto social (VANS)=	<b>\$1,526,391,540</b>
Tasa interna de retorno social (TIRS)=	<b>11.62%</b>
Tasa de rentabilidad inmediata (TRI)=	<b>11.63%</b>

Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse, la rentabilidad es positiva y tanto la TIR como la TRI tienen valores superiores a la tasa social de descuento. Para este escenario, el valor actual se calculó considerando como año cero (inicial) el año 2006.

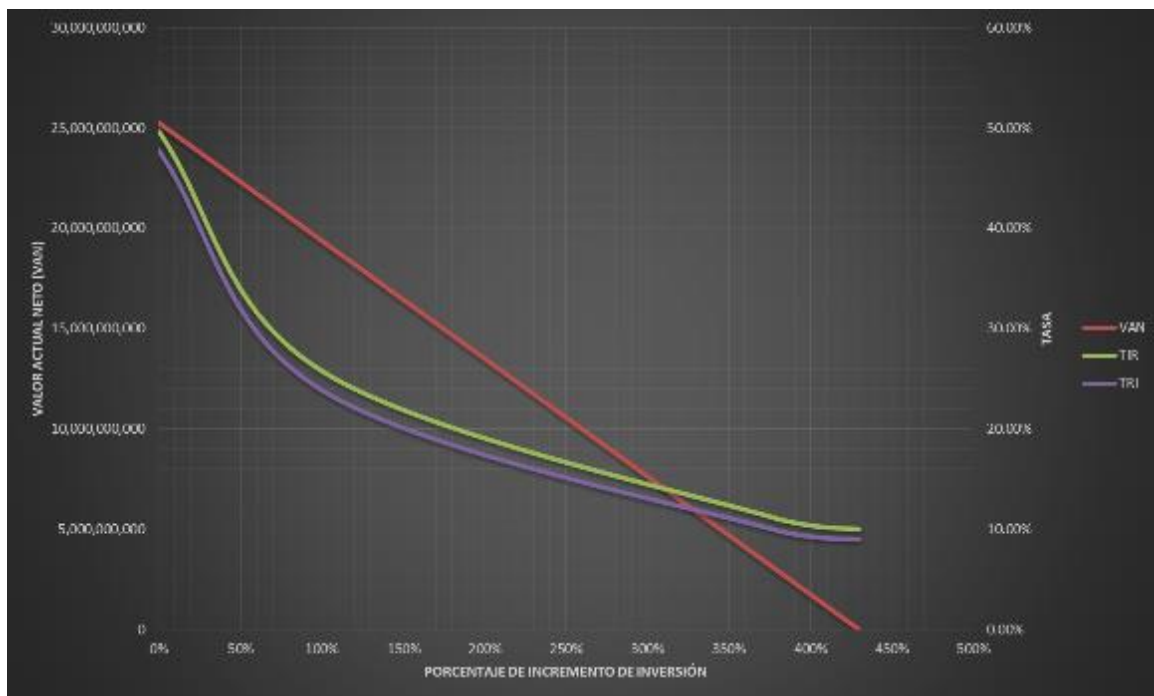
## V.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.

### V.4.1 VARIACIÓN EN EL MONTO TOTAL DE INVERSIÓN.

#### Escenario 1 Programa de inversión por ejecutar 2022

Al realizar el análisis de sensibilidad de este parámetro, se determinó que para que el proyecto deje de ser rentable, es necesario que la inversión se incremente en más de 174.8%, por lo que se considera un parámetro de riesgo bajo.

**Gráfica 5.4** Sensibilidad a incrementos en el monto de inversión.



Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 5.17** Sensibilidad a incrementos en el monto de inversión.

% incremento	VAN (pesos de 2022)	TIR	TRI
0.0%	25,257,847,028	49.57%	47.71%
100.0%	19,375,924,038	25.74%	23.85%
376.5%	3,110,169,195	11.18%	10.01%



429.4%

0

10.00%

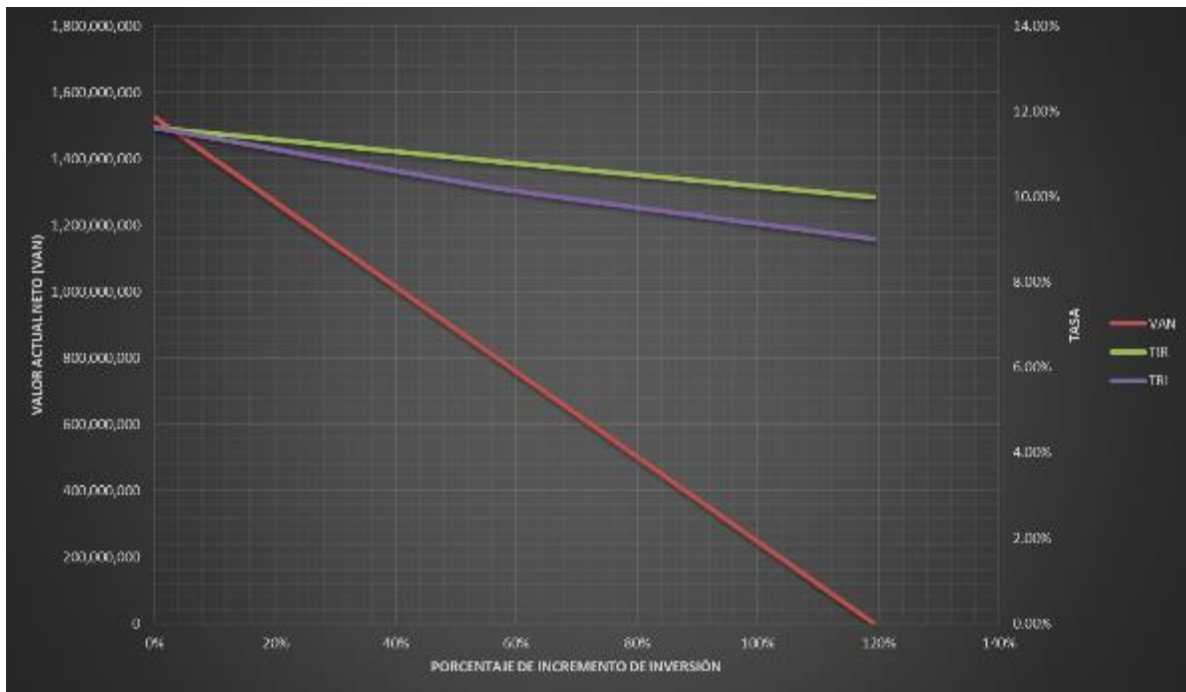
9.01%

Fuente: Elaboración propia.

### Escenario 2 Programa de inversión 2006-2022

Al realizar la sensibilización, tendría que aumentar en más de 119% para que el proyecto deje de ser rentable, por lo que se considera un parámetro de riesgo bajo.

**Gráfica 5.5** Sensibilidad a incrementos en el monto de inversión.



Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 5.18** Sensibilidad a incrementos en el monto de inversión.

% incremento	VAN (pesos de 2022)	TIR	TRI
0.0%	1,526,391,540	11.62%	11.63%
50.0%	886,352,632	10.93%	10.37%
65.5%	687,940,570	10.71%	10.03%

119.2%	0	10.00%	9.01%
--------	---	--------	-------

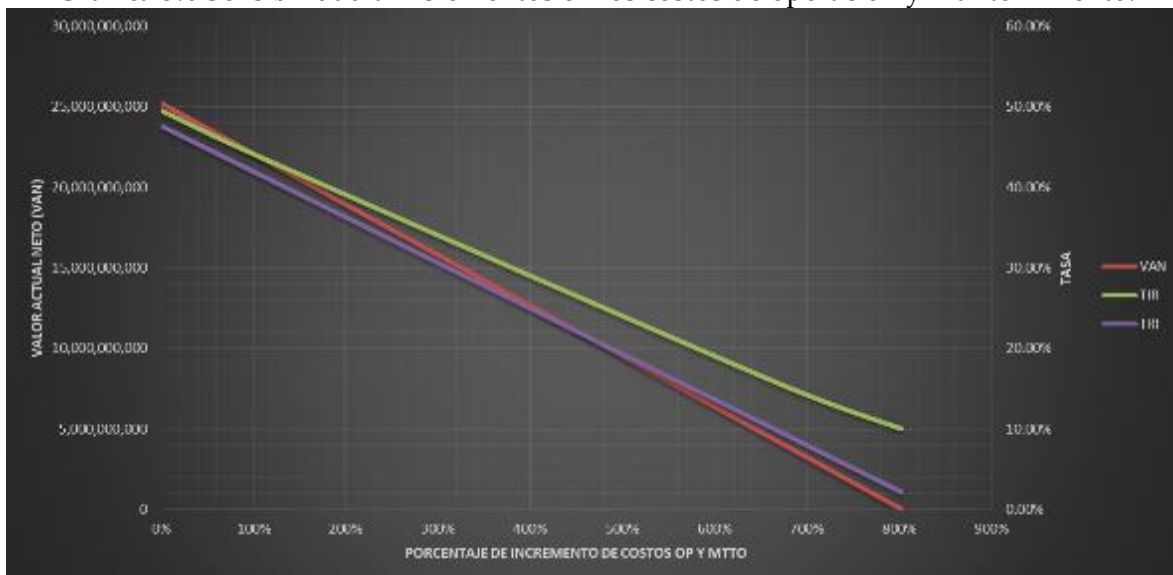
Fuente: Elaboración propia.

## V.4.2 VARIACIÓN EN LOS COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

### Escenario 1 Programa de inversión por ejecutar 2022

Con respecto a esta variable, la sensibilidad es muy baja, ya que para que dejara de ser rentable se requiere que los costos se incrementen en más de 318.4%, por lo que se considera un escenario muy poco probable y por ende de bajo riesgo.

**Gráfica 5.6** Sensibilidad a incrementos en los costos de operación y mantenimiento.



Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 5.19** Sensibilidad a incrementos en los costos de operación y mantenimiento.

% incremento	VAN (pesos de 2022)	TIR	TRI
0.0%	25,257,847,028	49.57%	47.71%
100.0%	22,109,793,240	44.16%	42.03%

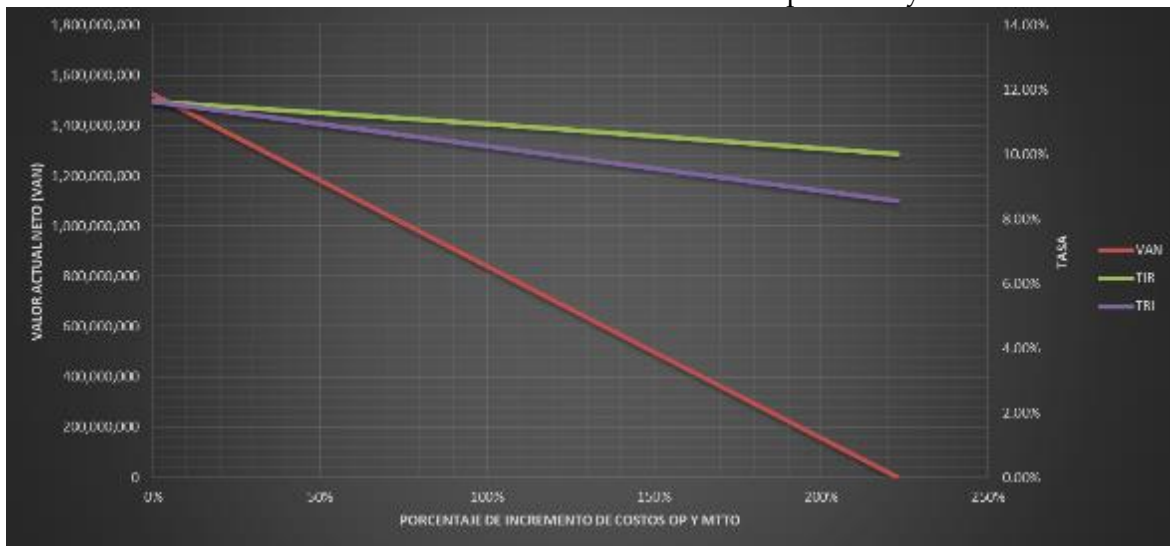
664.1%	4,350,789,677	15.88%	10.00%
802.3%	0	10.00%	2.15%

Fuente: Elaboración propia.

### Escenario 2 Programa de inversión 2006-2022

Como resultado de la sensibilización de esta variable, se tiene que tendría que aumentar en más de 222% para que el proyecto deje de ser rentable.

**Gráfica 5.7** Sensibilidad a incrementos en los costos de operación y mantenimiento.



Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 5.20** Sensibilidad a incrementos en los costos de operación y mantenimiento.

% incremento	VAN (pesos de 2022)	TIR	TRI
0.0%	1,526,391,540	11.62%	11.63%
100.0%	841,283,315	10.93%	10.25%
111.0%	765,921,411	10.85%	10.09%
222.8%	0	10.00%	8.55%

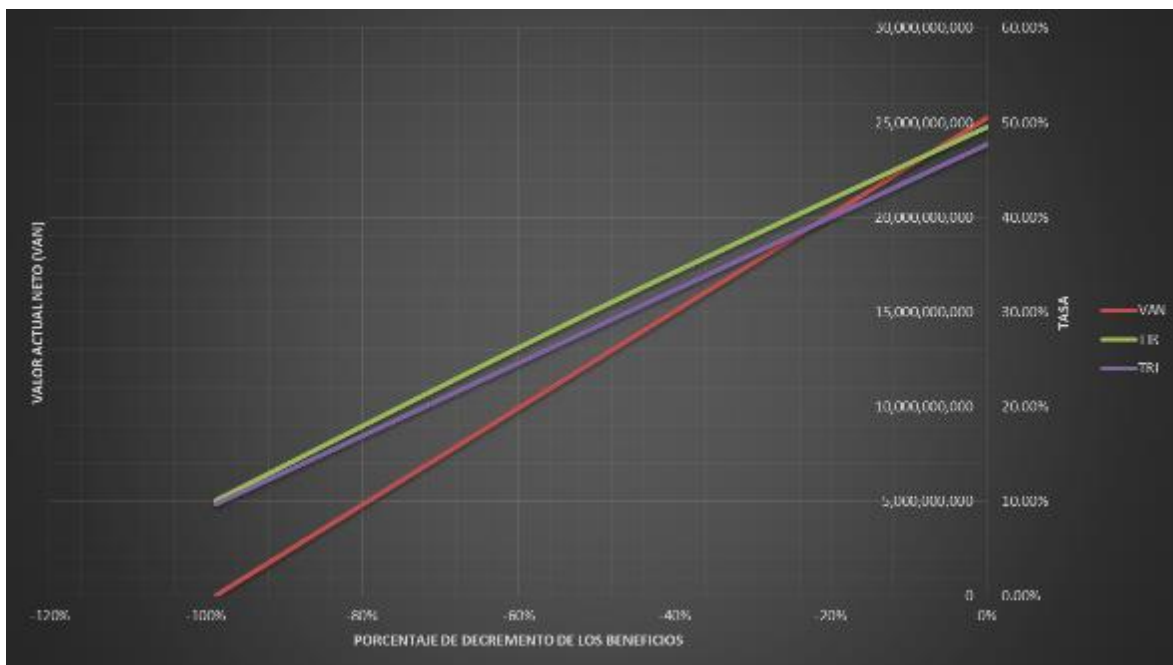
Fuente: Elaboración propia.

### V.4.3 VARIACIÓN EN LOS BENEFICIOS POR MAYOR CONSUMO.

#### Escenario 1 Programa de inversión por ejecutar 2022

Con respecto a los beneficios, se estimó que tendría que haber una reducción del 53.0% para que el proyecto deje de ser rentable, sin embargo, dado que se trabajó con un escenario conservador, puede considerarse también de bajo riesgo.

**Gráfica 5.8** Sensibilidad a disminución de los beneficios.



Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 5.21** Sensibilidad a disminución de los beneficios por mayor consumo.

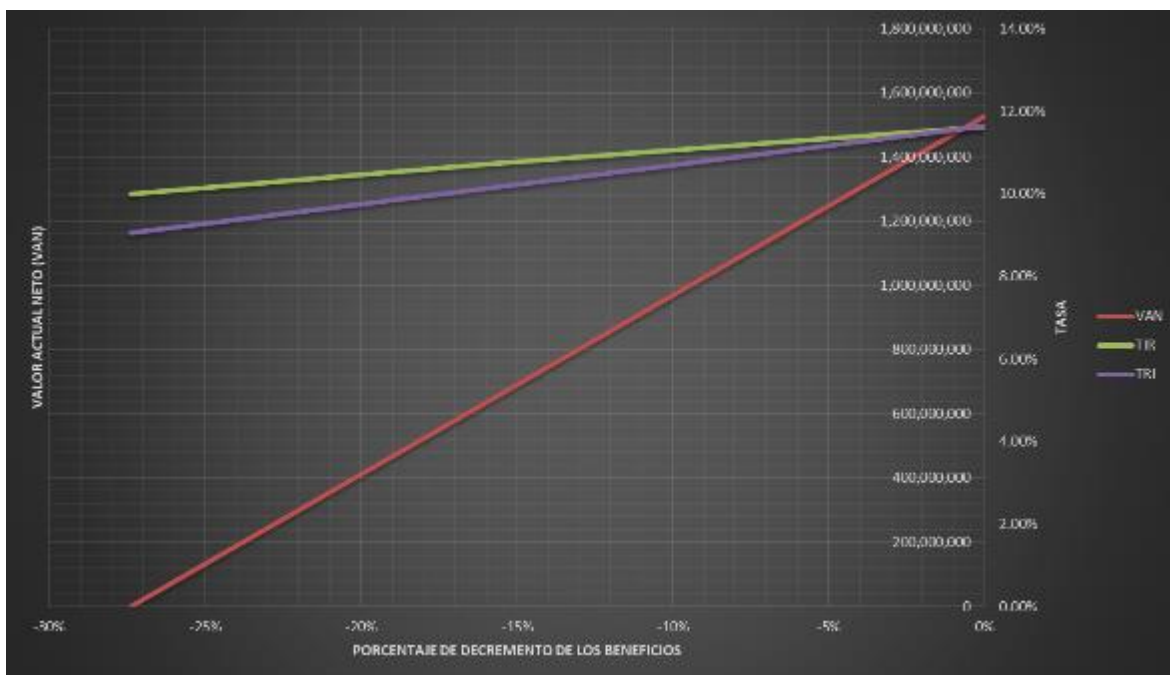
% decremento	VAN (pesos de 2022)	TIR	TRI
0.0%	25,257,847,028	49.57%	47.71%
-50.0%	12,456,735,334	30.24%	28.45%
-97.9%	190,555,293	10.37%	10.00%
-98.7%	0	10.00%	9.71%

Fuente: Elaboración propia.

### Escenario 2 Programa de inversión 2006-2022

Al sensibilizar una reducción en los beneficios por mayor consumo se observa que el proyecto dejaría de ser rentable para una disminución superior a 27% de este concepto.

**Gráfica 5.9** Sensibilidad a disminución de los beneficios.



Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 5.22** Sensibilidad a disminución de los beneficios por mayor consumo.

% decremento	VAN (pesos de 2022)	TIR	TRI
0.0%	1,526,391,540	11.62%	11.63%
-15.0%	690,623,078	10.78%	10.22%
-16.7%	598,688,547	10.68%	10.07%
-27.4%	0	10.00%	9.06%

Fuente: Elaboración propia.

## V.5 ANÁLISIS DE RIESGOS.

A partir de la revisión de los potenciales riesgos del proyecto, se identificaron los principales en el desarrollo del mismo.

**Cuadro 5.23** Matriz de riesgos.

	Riesgos Estándares	Clasificación	
			Medida de mitigación
1	Riesgo de adquisición de terrenos	Medio	Formalizar contrato de compra-venta. Convenios de ocupación previa. No iniciar el proyecto hasta tener el terreno.
2	Riesgo de demora en la aprobación de la adjudicación del contrato	Medio	Garantía de seriedad.
3	Riesgo en la participación de los concursantes	Medio	Documentos de licitación adecuados. Promoción.
4	Riesgo en la información para participantes	Medio	Integración de un apéndice técnico lo más completo. Bases claras y concretas.
5	Riesgo de diseño	Medio	Ingeniería completa, supervisión y GEP eficiente. Revisar bases. Supervisión eficiente. Revisión de oferta técnica exhaustivo. Tiempo suficiente para elaborar propuestas.
6	Riesgo de sobrecostos en la construcción	Alto	Ingeniería completa, supervisión y GEP eficiente. Revisar bases. Supervisión eficiente. Revisión de oferta técnica exhaustivo. Tiempo suficiente para elaborar propuestas.
7	Riesgos de atrasos en el desarrollo de la construcción de obras	Alto	Ingeniería completa, supervisión y GEP eficiente. Revisar bases. Supervisión eficiente. Revisión de oferta técnica exhaustivo. Tiempo suficiente para elaborar propuestas.
8	Riesgo de discontinuidad del servicio	Medio	Supervisión en construcción. Redundancia de equipos bases.
9	Riesgo Operativo	Bajo	Supervisión.
10	Riesgo de discontinuidad del servicio	Medio	Seguros
11	Riesgo en volumen de agua disponible	Alto	Contemplar infraestructura de almacenamiento complementaria.
12	Riesgo en la disposición de lodos	Bajo	
13	Riesgo ambiental	Medio	Supervisión. Sanciones en contrato. Vigilancia.
14	Riesgo de catástrofes naturales	Alto	Bases. Seguros. Inspecciones construcción. Códigos de construcción.
15	Riesgo tasa de interés	Medio	Coberturas.
16	Riesgo tipo de cambio	Medio	Coberturas.

Fuente: CEA Jalisco.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La zona geográfica del Área Metropolitana de Guadalajara es uno de los centros de población más importantes del país. Sin embargo, no ha logrado implementar acciones que garanticen a largo plazo el abastecimiento de agua potable para el desarrollo de la población y de las actividades económicas y sociales.

En este momento, las principales fuentes de abastecimiento de agua son de tipo superficial, sin embargo, y se complementa con extracción de fuentes subterráneas que ya presenten niveles de sobre explotación que ponen en riesgo su viabilidad.

A partir de la propuesta de adecuación y aprovechamiento de la infraestructura de la Presa Zapotillo, se analizó la viabilidad de entregar agua en bloque al AMG, mediante la construcción de la línea de conducción que bombeo el recurso hasta la presa Calderón.

El escenario de evaluación contempló un esquema de abastecimiento de agua potable sostenible en el largo plazo, el cual mantenga en equilibrio la explotación de los acuíferos. Por otra parte, en lo que corresponde a la demanda, se trabajó con supuestos razonables en cuanto a su crecimiento futuro, mismos que pueden considerarse conservadores.

El balance oferta-demanda, por las razones anteriores se considera conservador en gran medida, y realmente el Estado de Jalisco deberá de seguir buscando alternativas que permitan cubrir el déficit de agua en el largo plazo.

### Escenario 1 Programa de inversión por ejecutar 2022

**Cuadro 6.1** Indicadores de rentabilidad socioeconómica (año 0=2022)

Indicador	Pesos de 2022
Valor actual neto social	\$25,257,847,028

Indicador	Pesos de 2022
Tasa interna de retorno social	<b>49.57%</b>
Tasa de rentabilidad inmediata social	<b>47.71%</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa, el valor actual neto es positivo y tanto la TIR como la TRI tienen un valor superior a la tasa de descuento social (10%), por lo que cumplen con el criterio establecido para determinar la conveniencia del proyecto.

En lo correspondiente a la sensibilización de variables, se trabajó con la inversión, los costos de operación y mantenimiento y los beneficios por mayor consumo, sin embargo, se observa bajo riesgo dado que tendrían que variar significativamente para incidir en los indicadores de rentabilidad. Para que la rentabilidad fuera negativa tendría que aumentar la inversión en más de 429%; los costos de operación y mantenimiento tendría que elevarse en más de 802% o bien que los beneficios por mayor consumo fueran 98% inferiores a lo estimado. Aunado a lo anterior, el escenario de evaluación puede considerarse conservador.

### Escenario 2 Programa de inversión 2006-2022

**Cuadro 6.2** Indicadores de rentabilidad socioeconómica (año 0=2006)

Indicador	Pesos de 2022
Valor actual neto social	<b>\$1,526,391,540</b>
Tasa interna de retorno social	<b>11.62%</b>
Tasa de rentabilidad inmediata social	<b>11.63%</b>

**Fuente:** Elaboración propia.



Este escenario consideró como parte del flujo de evaluación la inversión que se ha erogado entre 2006 y 2021, tanto de recursos presupuestarios como no presupuestarios (estatales). Para este escenario, los indicadores de rentabilidad conservaron el criterio de aceptación, pues el valor actual neto es positivo y tanto la TIR como la TRI tienen un valor superior a la tasa de descuento social (10%).

Para la sensibilización se trabajó con las mismas variables y se obtuvo que para que la rentabilidad fuera negativa tendría que aumentar la inversión en más de 119%; los costos de operación y mantenimiento tendría que elevarse en más de 223% o bien que los beneficios por mayor consumo fueran 27% inferiores a lo estimado. Aunado a lo anterior, el escenario de evaluación puede considerarse conservador.

Por lo antes expuesto y de conformidad con el análisis realizado, se concluye que el proyecto es socialmente rentable.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

Comisión Nacional del Agua, *Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican*, SEMARNAT, México. Publicado en el Diario Oficial de la Federación en los años 2007, 2009, 2013, 2015, 2018, 2020.

[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4996252&fecha=13/08/2007](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4996252&fecha=13/08/2007)

[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5107344&fecha=28/08/2009](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5107344&fecha=28/08/2009)

[http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5327360&fecha=20/12/2013](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5327360&fecha=20/12/2013)

[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5389380&fecha=20/04/2015](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5389380&fecha=20/04/2015)

[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5510042&fecha=04/01/2018](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5510042&fecha=04/01/2018)

[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5600593&fecha=17/09/2020](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5600593&fecha=17/09/2020)

Comisión Nacional del Agua, (2015), *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Metodologías de Evaluación Socioeconómica y Estructuración de Proyectos de Inversión (Agua Potable, Alcantarillado, Saneamiento, Mejoramiento de Eficiencia y Protección a Centros de Población)*, SEMARNAT, México.

Comisión Nacional del Agua. Programa Nacional Hídrico 2020  
<https://www.gob.mx/conagua/documentos/programa-nacional-hidrico-pnh-2020-2024>

Comisión Nacional del Agua, (2012), *Estimación de los Factores y Funciones de la Demanda de Agua Potable en el Sector Doméstico en México. Informe Final*, CIDE, Octubre, México.

Gobierno del estado de Jalisco, (2019), *Plan Estatal de Gobernanza y Desarrollo del Estado de Jalisco 2019-2024-Visión 2030*, Jalisco, México.

Secretaría de Hacienda y Crédito Público, (2013), *Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión*, Diario Oficial de la Federación, Segunda Sección, Diciembre, México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2020), *Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024*, Diario Oficial de la Federación, Julio, México.

Sistema Intermunicipal para los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado, (2017), *Informe de Actividades y Resultados*, Cuatro trimestre, México.

Sistema Intermunicipal para los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado, (2020), *Informe de Actividades y Resultados*, Enero-Diciembre 2020, México.

Sistema Intermunicipal para los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado, (2020), *Informe de Actividades y Resultados*, Enero-Diciembre 2021, México.

Sistema Intermunicipal para los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado, (2018), *Diagnóstico Integral de Planeación*, México.

Presidencia de la República, (2019), Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, México.

#### *Páginas web*

[www.ceajalisco.gob.mx](http://www.ceajalisco.gob.mx)

[www.gob.mx/conapo](http://www.gob.mx/conapo)

[www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)

[www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/](http://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/)


[www.siapa.gob.mx](http://www.siapa.gob.mx)

[www.smn.cna.gob.mx/es/](http://www.smn.cna.gob.mx/es/)

<http://iam.cucei.udg.mx/sites/default/files/datos1991-2020-prom.png>

<https://www.dof.gob.mx/>

Responsable de la Información
Ramo: 16-Medio Ambiente y Recursos Naturales
Entidad: Organismo de Cuenca Lerma Santiago Pacifico
Área Responsable: Dirección de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento.
Datos del Administrador del programa y/o proyecto de inversión:

Nombre	Cargo*	Firma	Fecha
Ing. Yasser Abiuth García Sánchez	Director de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento		16/03/2022

**Teléfono: (33) 32 68 02 00 Ext. 1300**

**Correo electrónico: yasser.garcia@conagua.gob.mx**

Versión	Fecha
16	16/03/2022

\*El administrador del programa y/o proyecto de inversión deberá tener como mínimo el nivel de Director de Área o su equivalente en la dependencia o entidad correspondiente, apegándose a lo establecido en el artículo 43 del Reglamento de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria.