

DIVULGACIÓN SIMULTÁNEA

DOCUMENTO DEL BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

MÉXICO

**PROYECTO PARA EL DESARROLLO INTEGRAL DE ORGANISMOS
OPERADORES DE AGUA Y SANEAMIENTO
(PRODI)**

(ME-L1176)

ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO

SEPTIEMBRE DE 2015

El presente documento fue preparado por María Julia Bocco (INE/WSA).

El presente documento se divulga al público de forma simultánea a su distribución al Directorio Ejecutivo del Banco. El Directorio Ejecutivo podrá aprobar o no el documento o aprobarlo con modificaciones. Si posteriormente fuera objeto de actualizaciones, el documento actualizado se pondrá a disposición del público de acuerdo con la Política de Acceso a Información del Banco.

INDICE

I. Objetivos y Antecedentes

II. Muestra de Proyectos

III. Proyectos de Agua No Contabilizada

1. Tipología de Proyectos
2. Inversiones y Otros Costos
3. Beneficiarios y Beneficios
4. Resultados de Rentabilidad
5. Análisis de Sensibilidad

IV. Proyectos de Eficiencia Comercial

1. Tipología de Proyectos
2. Inversiones y Otros Costos
3. Beneficiarios y Beneficios
4. Resultados de Rentabilidad
5. Análisis de Sensibilidad

V. Proyectos Generales de Eficiencia Física

1. Tipología de Proyectos
2. Inversiones y Otros Costos
3. Beneficiarios y Beneficios
4. Resultados de Rentabilidad
5. Análisis de Sensibilidad

I. Objetivos y Antecedentes

El objetivo del documento es presentar la evaluación socioeconómica de una muestra de proyectos de agua potable de Organismos Operadores (OO) de México que serán parte del Proyecto para el Desarrollo Integral de Organismos Operadores de Agua y Saneamiento (PRODI), a ser ejecutado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

El objetivo general del Proyecto es apoyar a los organismos operadores de agua y saneamiento (OO) que atienden a poblaciones entre 50 mil y 900 mil habitantes, en un proceso de transformación a fin de mejorar la calidad del servicio que ofrecen a los usuarios mediante la ejecución de proyectos integrales de corto y mediano plazo que promuevan la sostenibilidad operativa y financiera. Para el logro de estos objetivos, el programa está estructurado en 2 componentes:

Componente 1. Apoyo institucional (US\$300.000). Este componente tendrá por objeto desarrollar programas de formación de capacidades presenciales y en línea para los OO, desarrollar herramientas de apoyo a la gestión y de autoevaluación, así como promover el intercambio de experiencias entre los OO. El componente podrá apoyar las siguientes actividades, las cuales formarán parte del MOP: (i) elaboración de estudios relacionados con el sector de agua potable y saneamiento; (ii) elaboración de documentos de análisis y difusión de buenas prácticas; (iii) diseño de sistemas informáticos para el procesamiento, manejo y análisis de información; (iv) organización de eventos, conferencias y seminarios; (v) desarrollo e impartición de cursos de inducción y de capacitación al personal de Conagua y de los OO en aspectos estratégicos que contribuyan al desarrollo integral de los OO; (vi) desarrollo de herramientas de autoevaluación y cursos en línea; y (vii) desarrollo de cursos para consultores del sector.

Componente 2. Inversión en acciones integrales (US\$199.300.000). Este componente estará enfocado en el desarrollo de planes y acciones integrales de infraestructura integrado por tres subcomponentes. *Subcomponente 2.1. Planes de Desarrollo Integral (PDI) (US\$700.000).* Este componente podrá apoyar: (i) desarrollo de los PDI; (ii) seguimiento al avance e implementación de los PDI y de las mejoras logradas; (iii) seguimiento y aplicación de la herramienta AquaRating (licencia de uso y certificación) y acompañamiento en su uso. El PDI contendrá: (a) un diagnóstico de la situación del OO con un tablero de control con sus indicadores de gestión; (b) las áreas de mejora; y (c) los programas de acciones e inversiones a realizar en el corto y mediano plazo para garantizar la sostenibilidad financiera del OO. *Subcomponente 2.2. Acciones Integrales de Desarrollo (US\$3.300.000).* Este subcomponente apoyará acciones incluidas preferentemente en el PDI y podrán ser: (i) diseño e implementación de acciones estructurales tendientes a mejorar la institucionalidad de los OO, gobierno corporativo, reforma del marco legal, mejora de la estructura organizacional, entre otros; (ii) diseño de un esquema de cálculo de tarifas y establecimiento de las tarifas de corto y largo plazo que apoyen la viabilidad financiera al OO ; (iii) diseño e implementación de esquemas para la mejora de la gestión; (iv) elaboración de expedientes técnicos y términos de referencia, y de proyectos ejecutivos de acciones de infraestructura; y (v) desarrollo de herramientas que permita a los OO acceder a otras fuentes de financiamiento. *Subcomponente 2.3. Inversión en infraestructura y mejoramiento operativo (US\$195.300.000).* Para apoyar acciones de este subcomponente, éstas deberán estar incluidas preferentemente en el PDI, para la inversión en áreas comerciales, financieras, administrativas y

técnicas de los OO, según se establezca en el MOP, tales como: (i) rehabilitación de líneas de conducción y/o redes de distribución; (ii) interconexión de fuentes; (iii) rehabilitación de estaciones y cárcamos de bombeo de agua potable; (iv) optimización hidráulica ; (v) sistemas de telemetría; (vi) detección y reparación de fugas; (vii) reparación o acciones de mejora para uso eficiente de la energía en motores, bombas y equipo eléctrico; (viii) actualización de catastro de redes e infraestructura, y generación del sistema de información y modelación hidráulica; (ix) adquisición e instalación de macro-medidores; y (x) otras actividades de mejora de eficiencia comercial, administrativa y/o física.

En este anexo se presentan los resultados obtenidos de evaluar ex – ante 33 proyectos de mejoramiento de eficiencia de los OO. Estos proyectos, y la metodología de evaluación, se han clasificado en tres grandes grupos: proyectos de Agua No Contabilizada (ANC), proyectos de eficiencia comercial (instalación de micro-medidores) y proyectos generales de eficiencia física, los cuales incluyen también a aquellos de eficiencia energética, entre otros. La información técnica de los proyectos fue suministrada por la CONAGUA. El análisis económico de todos los proyectos fue hecho en planillas de Microsoft Excel. En todos los casos se obtuvieron los valores actuales netos, las tasas internas de retorno y la relación costo – beneficio de los proyectos. Adicionalmente, en la última sección del documento se analiza la relación existente entre las tarifas y el ingreso de la población

II. Muestra de Proyectos

De acuerdo a los objetivos y alcances del programa, se contempla un componente de obras que incluye tentativamente 280 proyectos relacionados con acciones físicas y comerciales. La muestra de proyectos a analizar y evaluar económicamente incluye un total de 31 proyectos, de los cuales 20 corresponden a acciones de eficiencia física en general, 6 a eficiencia comercial (instalación de micro-medidores) y 5 a implementación de medidas de ANC (fugas físicas). A su vez, el monto de los proyectos analizados representa aproximadamente 37% de la inversión total del programa (US\$73.8 millones sobre US\$198.8 millones de financiamiento total). Finalmente, los OO cuyos proyectos fueron evaluados representan distintos espectros según su tamaño: 2 de ellos atienden a poblaciones entre 50 mil y 100 mil habitantes, 2 atienden a poblaciones entre 100 mil y 500 mil habitantes, y los 2 restantes atienden a población de entre 500 mil y 900 mil habitantes. El Cuadro 1 a continuación presenta una síntesis de los costos de la muestra de proyectos.

Cuadro 1: Muestra de Proyectos

Municipio	Estado	Organismo Operador	Población total (estimado 2015)	Número de proyectos analizados	Inversión Total (US\$)
1. La Paz	Baja California Sur	SAPA	290.288	2	25,589,541
2. Atlacomulco	Estado de Mexico	ODAPAS	93.718	7	3,305,315
3. Tenango del Valle	Estado de Mexico	OPDAPAS	85.897	7	2,375,945

4. Metepec	Estado de Mexico	APAS	228.758	7	14,019,325
5. Torreón	Coahuila	SIMAS	640.233	4	15,297,543
6. Tuxla Gutierrez	Chiapas	SMAPA	581.805	4	13,178,885
Total				31	73,766,554

Para recopilar la muestra de proyectos se procedió a revisar en con CONAGUA las iniciativas de inversión presentadas por lo OO durante los últimos años. Se seleccionaron los proyectos que se encontraban más avanzados en términos de diseños técnicos e información necesaria para realizar la evaluación socioeconómica.

El presente programa es un programa de obras múltiples por demanda, lo que implica que al momento de la preparación no se conocen la totalidad de los proyectos que se financiarán con el mismo. A los efectos de poder ser financiados con fondos del programa, los proyectos deberán contar con un análisis costo-beneficio utilizando una metodología similar a la implementada en este Anexo. Aquellos proyectos con una rentabilidad mínima de 12% de TIRE podrán ser financiados por el programa.

III. Proyectos de Agua No Contabilizada

1. Tipología de Proyectos

Se analizaron un total de 5 proyectos de ANC para las ciudades de La Paz, Atlacomulco, Tenango del Valle, Metepec y Tuxla Gutierrez. El cuadro 2 a continuación presenta los datos básicos de los operadores en estas ciudades.

Cuadro 2: Muestra de Proyectos - ANC

Municipio	Estado	Organismo Operador	Población total (estimado 2015)	Número de conexiones	Producción anual (m3/año)	Inversión Total (US\$)
1. La Paz	Baja California Sur	SAPA	290.288	81.822	25.810.144	21.512.400
2. Atlacomulco	Estado de Mexico	ODAPAS	93.718	15.699	6.195.510	1.960.132
3. Tenango del Valle	Estado de Mexico	OPDAPAS	85.897	6.236	2.081.376	1.319.225
4. Metepec	Estado de Mexico	APAS	228.758	51.790	23.513.145	5.526.126
5. Tuxla Gutierrez	Chiapas	SMAPA	581.805	113.388	69.894.024	6.404.916

Algunos elementos básicos de estos datos son los siguientes:

- Todos los precios están expresados en US\$ de agosto de 2015, y el tipo de cambio utilizado es de 16,4 Pesos Mexicanos por US\$.
- Los precios se expresan a precios de mercado y fueron actualizados al año 2015 utilizando el Índice de Precios al Consumidor (IPC) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI).
- Los datos de población son proyecciones para el año 2015 realizadas en base al Censo 2010.

A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de los proyectos.

La Paz. En la ciudad de La Paz y su Zona Conurbada se asienta una población de 290.288 habitantes (estimado 2015) con una cobertura de agua potable entubada del 96.47%.

La red de distribución tiene una longitud aproximada de 367 km, de los cuales el 25.89% (90.5 km) son redes primarias y el 74.16% corresponde a redes secundarias. Se requiere la rehabilitación de tomas para operar la red aplicando la automatización y control mediante monitoreo continuo para la toma de decisiones, ya que presentan deficiencias en la calidad de los materiales o que, debido al raspado de las calles no pavimentadas y a los deslaves ocasionados por las lluvias, su instalación no tiene la profundidad necesaria para protegerlas del paso de vehículos pesados sobre ellas, provocando fracturas y aumentando el número de fugas de agua potable. Así mismo, se requiere aplicar un Programa de Reparación y Detección de Fugas, para recuperar el agua perdida por fugas y desperdicio.

En general, los sistemas de suministro de agua captan de las fuentes más de lo necesario para satisfacer la demanda real de la población. Esto evidencia un proceso ineficiente, desperdiciando volúmenes que pudieran incrementar la cobertura del servicio consumiendo energía eléctrica por bombeos innecesarios y reduciendo además la vida útil del equipo, clorando agua que finalmente no llegará hasta el usuario y, en términos generales, un desaprovechamiento de recursos que pudieran ser utilizados para consolidar al organismo operador.

El ANC se define como:

$$ANC = (VP - VF) / VP$$

En donde:

- ANC = Agua no contabilizada.
- VP= Volumen de agua producida.
- VF= Volumen de agua facturado.

El agua perdida, que no puede consumirse o bien que no se paga, tiene tres principales componentes:

- Fugas en acueductos, red de distribución, tanques y tomas domiciliarias.

- Usos no autorizados, comúnmente conocidos como tomas clandestinas
- Los errores en la medición (macromedición y micromedición).

Para la ciudad de La Paz, los volúmenes producido y facturado actuales son 25.7 y 16.28 hm³ respectivamente, por lo tanto este indicador resulta del orden de 36.65%.

El proyecto aquí evaluado (y también para el resto de los OO), corresponde a la disminución de pérdidas físicas. Las pérdidas físicas se consideran como un escape físico de agua en cualquier punto del sistema de agua potable, pudiendo ocurrir en conducciones, tanques de almacenamiento, redes de distribución, conexiones domiciliarias y tuberías intradomiciliarias. Para el caso de La Paz, el volumen de fugas físicas se estima en 9,8 millones de m³/año. Siendo que el volumen producido es de 25,7 millones de m³/año, estas representan un 38,1%. Por lo tanto, el volumen perdido por fugas es muy significativo y representa uno de los principales problemas y también uno de los más importantes retos para el SAPA, por lo que se recomienda llevar a cabo acciones y obras de control y de incremento de la eficiencia física.

Dichas acciones y obras deben estar contenidas en un Programa de Control e Incremento de Eficiencia, así como estar perfectamente identificadas y ordenadas para asegurar el éxito del programa, ya que existen acciones y obras denominadas de “control” que preparan y proveen las condiciones para que se lleven a cabo las obras con las cuales efectivamente si se recupera agua, mejorando así la capacidad del prestador del servicio en mantener el agua dentro del sistema y entregarla a los usuarios con un “incremento de eficiencia”, requiriéndose de otras acciones de “control” que permitan mantener el nivel de fugas pretendido en el valor de la eficiencia de equilibrio económico, ya que llega un momento en que no es rentable continuar invirtiendo en acciones para incrementar la eficiencia, puesto que el costo de este tipo de acciones resulta superior al beneficio que generan.

Específicamente, el programa incluye las siguientes acciones:

- Incrementar la eficiencia física:
 - Implementar un programa permanente para la localización y reparación de fugas en tuberías principales y secundarias.
- Controlar la eficiencia física:
 - Implementar un programa de sectorización de las redes de distribución;
 - Capacitar recursos humanos en eficiencia física;
 - Mantener actualizado el catastro de la infraestructura de conducción, regulación y distribución de agua potable;
 - Implementar un programa permanente de control operacional;
 - Implementar, ampliar o conservar los programas permanentes de detección y control de fugas en sistemas prioritarios.

Atlacomulco: La población total del municipio para 2015 se estima en 93.718 habitantes.

La red de agua potable que opera el OO en algunas zonas está llegando al término de su vida útil, como en el centro de Atlacomulco, donde la red de distribución de agua tiene una antigüedad de

más de 20 años, en tanto que en los nuevos conjuntos urbanos es menor a diez años. Los principales problemas detectados en términos de eficiencia física son los siguientes:

- No se cuenta con un catastro actualizado al 100% que incluya los cambios a la red que se van realizando y la infraestructura de los nuevos desarrollos.
- Tampoco se tienen sistemas hidráulicos definidos. No se ha dado seguimiento a un programa de sectorización, sin contar con sectores hidrométricos conformados e instrumentados, un mapeo de pérdidas actualizado por sector, monitoreo de los sectores conformados y una auditoría general y de eficiencias de cada uno de los sistemas. No se cuenta con un modelo hidráulico de la red de distribución.
- No existe un control de la presión en zonas con altas presiones, no se tiene información de estaciones de control de presiones y en particular de las zonas críticas y con altas presiones en la red de distribución.
- Algunas zonas de la red de distribución tienen una antigüedad mayor a 30 años, siendo antiguas son propensas a alta incidencia de fugas.
- No se tiene un monitoreo del comportamiento de la presión en las redes.

Según información del área de Operación y Mantenimiento, cada año ocurren en promedio 80 fugas al mes (957 fugas/año). Se estima un porcentaje de 30% de fugas respecto al total suministrado, por lo que se perderían alrededor de 1.858.653 m³ anuales. Se estima que de las fugas que se presentan en la red, el 80% se presentan en la toma domiciliaria y el 20% en la red de distribución-conducción.

Las acciones propuestas y evaluadas en este proyecto consisten en las siguientes medidas:

- Obra civil para reducción de pérdidas en conducciones con alta incidencia de fugas.
- Sustitución de redes antiguas con alta incidencia de fugas.
- Adquisición de unidades con equipo especializado en la identificación, monitoreo y control de las fugas.
- Sectorización y gestión eficiente del agua, incluyendo mediciones en campo de variables, modelación hidráulica y propuestas de mejora; redistribución de caudales y presiones.
- Instrumentación, equipamiento y adecuaciones de obra civil para conformación de sectores hidrométricos.

Tenango del Valle: La ciudad de Tenango del Valle cuenta actualmente con aproximadamente 86.000 habitantes. La red de agua potable se ha construido conforme crece la mancha urbana en diferentes diámetros, por lo que no se tiene un equilibrio de presiones haciéndola deficiente en su operación, además de que algunos tramos ya son obsoletos debido a la antigüedad con la que cuentan.

La red de distribución varía entre 2", 2½", 3", 4", 6" 8" y 10" de diámetro, en diferentes materiales como acero, fierro galvanizado, asbesto-cemento y PVC en términos generales las tuberías se encuentran muy deterioradas debido a la antigüedad de las mismas, principalmente en la zona centro, en donde se han podido observar el fenómeno de incrustación en las tuberías reduciendo así el área hidráulica y su funcionamiento.

Del diagnóstico realizado, similarmente al caso de la ciudad de Atlacomulco, se concluye lo siguiente:

- Hasta la fecha no se cuenta con un catastro actualizado al 100% que incluya los cambios a la red que se van realizando y la infraestructura de los nuevos desarrollos.
- No se tienen sistemas hidráulicos definidos, no se ha dado seguimiento a un programa de sectorización, sin contar hasta el momento con:
 - 1. Sectores hidrométricos conformados e instrumentados,
 - 2. Un mapeo de pérdidas actualizado por sector,
 - 3. Monitoreo de los sectores conformados y
 - 4. Auditoría general y de eficiencias de cada uno de los sistemas.
- No se cuenta con un modelo hidráulico de la red de distribución.
- No existe un control de la presión en zonas con altas presiones, hasta el momento no se tiene información de estaciones de control de presiones y en particular de las zonas críticas y con altas presiones en la red de distribución.
- No se tiene un monitoreo del comportamiento de la presión en las redes.

Según la información recabada, en promedio ocurren 90 fugas al mes (1,077 fugas/año), y se estima un porcentaje de 30% de fugas respecto al total suministrado, por lo que se perderían alrededor de 624.413 m³ anuales.

Las medidas a ser implementadas incluyen:

- Obra civil para reducción de pérdidas en conducciones con alta incidencia de fugas.
- Sustitución de redes antiguas con alta incidencia de fugas.
- Adquisición de unidades con equipo especializado en la identificación, monitoreo y control de las fugas.
- Implementar un área de GIS y Base de datos de las redes de Agua potable.
- Sectorización y gestión eficiente del agua. Incluyendo mediciones en campo de variables, modelación hidráulica y propuestas de mejora. Redistribución de caudales y presiones.
- Instrumentación, equipamiento y adecuaciones de obra civil para conformación de sectores hidrométricos.

Metepec: La población total del municipio para 2015 se estima en aproximadamente 230.000 habitantes, con una cobertura de agua potable estimada en 98%. La red de agua potable que opera el OO en algunas zonas está llegando al término de su vida útil, especialmente en la zona del centro de la ciudad.

Para la distribución del agua potable se cuenta con tuberías de acero, fierro galvanizado, PVC, polietileno de alta densidad y fibro-cemento, con una longitud total de 345.235 kilómetros que abastecen a 50 diferentes sectores.

Del estudio realizado denominado “Eficiencia Electromecánica, Física y de la Operación Hidráulica de la Red de Agua Potable de Metepec”, se extraen las siguientes conclusiones:

- En promedio, en el sistema tienen lugar 140 fugas/mes (1,679 fugas/año). Un balance general mostró que las fugas reflejaban un porcentaje del 31% respecto al total suministrado, por lo que se estima que se perderían alrededor de 7.289.075 m³ anuales.
- No se tienen un programa para sustituir tramos de redes en aquellas zonas con gran antigüedad y una alta incidencia de fugas.

- No se cuenta con una campaña de monitoreo de Presiones en redes de Distribución a un centro de control.
- No se cuenta con equipo especializado en el monitoreo y control de las fugas.
- Es necesario capacitar al personal de mantenimiento encargado de reparar las fugas para llevar a cabo aforos en la fuga, tomas de presiones antes y después de reparar la fuga, datos de la tubería, etc.
- No se cuenta con una base de datos donde se concentre todo lo relacionado con la reparación de las fugas, incluyendo localización en plano e información obtenida por la brigada de reparación.
- No se cuenta con un proyecto de control de presiones y reducción de pérdidas por fugas en zonas de altas presiones en la red.

Como parte del proyecto, se identificaron las siguientes acciones:

- Obra civil para reducción de pérdidas en conducciones con alta incidencia de fugas.
- Sustitución de redes antiguas con alta incidencia de fugas.
- Adquisición de unidades con equipo especializado en la identificación, monitoreo y control de las fugas.
- Programa de capacitación para obtención de parámetros para estimación y disminución de pérdidas; dirigido al personal de mantenimiento.
- Implementar un departamento de GIS y Base de datos de las redes de Agua potable.
- Instrumentación, equipamiento y adecuaciones de obra civil para conformación de sectores hidrométricos.

Tuxla Gutierrez: la población de Tuxla Gutierrez se estima en aproximadamente 580 mil habitantes, con una cobertura de agua potable cercana al 95%.

En el año 2003, como parte de un Plan de Recuperación de Pérdidas de Agua Mediante la Técnica de Distritos Hidrométricos, el SMAPA realizó una primera etapa de estudios de sectorización de la red de agua potable de la ciudad, en la que se planificaron los distritos de las zonas Centro y Norte de la misma. Actualmente el sistema está integrado por 132 distritos hidrométricos.

Sin embargo, la implementación de las acciones de sectorización en distritos hidrométricos sin haber realizado las acciones prioritarias, establecer responsabilidades, controles, estadísticas y en general un seguimiento continuo, ha traído como consecuencia un desconocimiento parcial del estado físico, operativo y comercial de los distritos hidrométricos, que abarcan ya casi toda la ciudad. El SMAPA está tratando de establecer el estado actual y las condiciones físicas y operativas de los distritos hidrométricos y de equipamiento (macromedición, válvulas, etc.).

Las acciones realizadas con las obras de sectorización han repercutido directamente no sólo en la configuración física de la red, sino también en su comportamiento hidráulico, y la operación en general se realiza en forma empírica al no contar con la información suficiente del estado de cada distrito. La red de distribución en la actualidad cuenta con una longitud aproximada de 1,295 km, con diámetros que varían desde 1” hasta 48” principalmente en asbesto-cemento y PVC (en red secundaria y primaria).

Muchos distritos no se encuentran operando por falta de información sobre la infraestructura actual, es decir, no existe un conocimiento real del estado en cómo se construyeron los distritos hidrométricos y no se hace entonces una operación adecuada de los mismos. Por consiguiente, no se tiene control sobre los volúmenes de agua que se reparten en la ciudad, ya que a los macromedidores y válvulas instalados no se les da mantenimiento y vincula su operación para tener un correcto funcionamiento.

Durante la realización del estudio de diagnóstico, se observaron múltiples fugas en equipos de bombeo, cárcamos y tuberías, causadas por el deterioro de los equipos e instalaciones y/o por operación. El promedio anual de fugas atendidas en redes asciende a un total de 1,300 fugas, la mayoría de las cuales corresponden a tuberías de A-C y PVC. Mientras que en tomas, estas ascienden a 2,400, lo que implica que el 64% de las fugas se presenta en tomas y el 33.3% en tuberías. Mediante el empleo de un modelo global para el cálculo de fugas en redes y tomas, se obtiene que el valor global de fugas es del 34.7% (aproximadamente 22.7 millones de m³ por año).

De esta manera, el proyecto propuesto consiste la implementación de un programa efectivo de detección y control de fugas en la red de distribución (tomas y redes) de tal manera de alcanzar un valor de pérdidas no mayor al 25% del volumen captado.

2. Inversiones y Otros Costos

Los costos de inversión mostrados en el Cuadro 1 son los costos actualizados al año 2015 a precios de mercado. Los costos de inversión incluyen los costos directos de las obras, así como los indirectos de administración, diseño, supervisión y contingencias. El Cuadro 3 a continuación, presenta el cronograma de costos de inversión por año de implementación.

Cuadro 3: Costos de inversión por año (en US\$)

Municipio	2016	2017	2018	2019	2020	Total
1. La Paz	2,866,944	4,995,514	4,934,979	4,304,982	4,409,981	21,512,400
2. Atlacomulco	462,670	453,608	347,952	347,952	347,952	1,960,132
3. Tenango del Valle	393,439	381,724	309,781	117,141	117,141	1,319,225
4. Metepec	1,446,383	1,436,192	1,329,696	656,928	656,928	5,526,126
5. Tuxla Gutierrez	1,457,302	2,473,298	2,474,316			6,404,916

A los fines de convertir los costos de inversión de precios de mercado a precios sociales, se desagregaron los costos en materiales y equipos nacionales, materiales y equipos importados, mano de obra calificada y mano de obra no calificada. Esta desagregación se presenta en el Cuadro 4 a continuación.

Cuadro 4: Costos de inversión por insumo económico (en US\$)

Municipio	Maquinaria de origen nacional	Maquinaria de origen importado	Materiales de origen nacional	Materiales de origen importado	Mano de obra calificada	Mano de obra no calificada
6. La Paz	645,372	430,248	4,302,480	1,075,620	2,151,240	12,907,440
7. Atlacomulco	58,804	39,203	392,026	98,007	196,013	1,176,079
8. Tenango del Valle	39,577	26,384	263,845	65,961	131,922	791,535
9. Metepec	165,784	110,523	1,105,225	276,306	552,613	3,315,676
10. Tuxla Gutierrez	192,147	128,098	1,280,983	320,246	640,492	3,842,949

A partir de dicha información se aplicaron los factores de conversión indicados a continuación, los cuales fueron calculados para la preparación del programa PROSSAPYS IV durante a finales del año 2013.

- 1) Factor de conversión estándar (FCS): se obtiene a través de la aplicación de la siguiente ecuación, sobre datos de comercio exterior de México en los años 2010 a 2012:

$$FCS = X + M / (X + M + T)$$

donde,

X: valor total de exportaciones de México

M: valor total de importaciones de México

T: recaudación aduanera de México

Los datos relevantes se indican en la siguiente tabla:

	2010	2011	2012
Exportaciones (millones de US\$)	298,473	349,375	370,706
Importaciones (millones de US\$)	301,482	350,843	370,752
Recaudación aduanera (millones de US\$)	1,940	2,156	2,124
FCS*	0.923	0.923	0.923
FCS promedio*	0.923		

**Incluye además el Impuesto al Valor Agregado del 16% sobre las importaciones*

Fuente: Banco de Central de México y Secretaria de Hacienda y Crédito Publico de México.

- 2) Factor de conversión de productos y materiales de origen nacional: en este caso el factor utilizado ha sido de 0.862, lo cual descuenta la aplicación directa del Impuesto al Valor Agregado de 16% que grava todos los productos que se transan en el país.
- 3) Factor de conversión de materiales y equipos de origen externo (transables): el factor de conversión descuenta expresamente el Impuesto al Valor Agregado y los aranceles aduaneros que aplican sobre las importaciones. Los datos relevantes se indican en la siguiente tabla:

	2010	2011	2012
Importaciones (millones de US\$)	301,482	350,843	370,752
Impuesto sobre importaciones (millones de US\$)	1,940	2,156	2,124
FC*	0.857	0.858	0.858
Factor de Conversión promedio*	0.858		

**Incluye además el Impuesto al Valor Agregado del 16% sobre las importaciones*

- 4) Mano de obra calificada: para este factor se deducen de las remuneraciones (a costo empresa) aquellos ítems de cargas salariales que representan básicamente transferencias, de acuerdo con la siguiente tabla:

Partida	%
Seguro social - Salud	23.9
Seguro social - Retiro	6.15
Fondo para la vivienda	5.00
Total	35.05
Factor de Conversión	0.740

Fuente: Secretaría de Trabajo y Previsión Social de México.

A lo anterior se aplica el factor de conversión estándar para conservar el numerario del análisis, con lo cual:

$$\text{FCMOC} = 0.740 * 0.923 = 0.683$$

- 5) Mano de obra no calificada: se adopta mismo criterio que para el caso de mano de obra calificada, al excluirse aquellos conceptos de las remuneraciones que son efectivamente

transferencias. En adición se descuenta un factor asociado a la tasa de desempleo de este tipo de mano de obra, según la siguiente fórmula¹:

$$\text{FCMONC} = W * \text{FCMOC} * (1 - U) = 1.0 * 0.683 * (1 - 0.05) = 0.649$$

donde:

FCMONC: factor de conversión de la mano de obra no calificada

W: es el salario costo empresa (índice 1.0)

FCMOC: factor de conversión de la mano de obra calificada

U: tasa de desempleo abierta²

Tomando en cuenta la composición de costos de cada categoría de gasto (ver Cuadro 3), se obtiene que la aplicación de los factores de conversión para eliminar impuestos indirectos (Impuesto al Valor Agregado y aranceles) y otras distorsiones en el mercado laboral, hace que a precios de cuenta la inversión total alcance a aproximadamente un 76% del valor a precios de mercado. Dicha información se presenta en el Cuadro 5.

Cuadro 5: Costos de inversión a precios sociales

Municipio	Inversión inicial a precios de mercado (US\$)	Inversión inicial a precios sociales (US\$)
1. La Paz	21.512.400	15.405.616
2. Atlacomulco	1.960.132	1.403.704
3. Tenango del Valle	1.319.225	944.733
4. Metepec	5.526.126	3.957.409
5. Tuxla Gutierrez	6.404.916	4.586.735

El Cuadro x presenta información relativa a los costos anuales de Operación y Mantenimiento (O&M), los cuales son los incrementales en los que incurrirán los OO por la implementación de los proyectos de reducción de fugas. En todos los casos los costos incrementales de O&M fueron obtenidos de los correspondientes estudios de proyecto, excepto para el caso de La Paz, los cuales se asumieron iguales al 3% de la inversión inicial.

I.

¹ La fórmula presupone que la mano de obra al proyecto proviene según la proporción actual de empleados en otras actividades (al mismo salario) y los desempleados para los cuales el costo de oportunidad es cero.

² Corresponde a la tasa de desempleo abierto promedio nacional para el segundo trimestre de 2013, Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI).

Cuadro 6: Costos de Operación y Mantenimiento

Municipio	Costos O&M (US\$/año)
1. La Paz	645,372
2. Atlacomulco	143,027
3. Tenango del Valle	74,219
4. Metepec	292,027
5. Tuxla Gutierrez	192,147

Estos costos fueron expresados a precios sociales utilizando el factor de conversión promedio para la inversión inicial.

El Cuadro 7 presenta el valor presente de los costos de inversión y de O&M para cada proyecto de la muestra aplicando una tasa de descuento del 12%.

Cuadro 7: Valor presente de los costos totales a precios de mercado

Municipio	Valor presente de la inversión (US\$)	Valor presente de los costos de O&M (US\$)	Valor presente de los costos totales (US\$)
1. La Paz	10,954,262	2,795,544	13,450,283
2. Atlacomulco	1,031,899	527,990	1,503,318
3. Tenango del Valle	728,303	298,547	994,863
4. Metepec	2,988,424	1,101,276	3,971,707
5. Tuxla Gutierrez	3,605,006	966,084	4,467,580

3. Beneficiarios y Beneficios

El impacto principal de los proyectos es disminuir el nivel de ANC y por lo tanto mejorar la calidad de los sistemas. Las pérdidas de agua son producto de una infraestructura deficiente y practicas pobres de O&M. Como consecuencia, los usuarios se enfrentan a discontinuidades en el servicio y a baja presión de agua. Con la rehabilitación de los sistemas y los programas de detección y reparación de fugas, un porcentaje importante de la producción de agua que se pierde, se recuperara y podría ser distribuida a los usuarios. Es así como, indirectamente, los proyectos beneficiaran a los hogares conectados al servicio de agua potable (Cuadro 1) en cada una de las ciudades dado que a largo plazo accederán a un servicio de mejor calidad (más horas de continuidad y mayor presión).

Un enfoque para realizar el análisis costo-beneficio (ACB) de este tipo de proyectos es cuantificar los beneficios que los consumidores van a obtener de un mejor servicio de agua. Sin embargo, no se dispone de información detallada para cada uno de los proyectos para realizar ese tipo de análisis. Sin embargo, hay una cantidad suficiente de información para realizar un ACB utilizando un enfoque alternativo. Para las intervenciones ANC, el beneficio de la reducción de

las pérdidas físicas se estima por lo general como los ahorros en los costos de producción³. Esta estimación se basa en: 1) una estimación técnica de la cantidad y el momento de la reducción de las pérdidas físicas, y 2) una estimación económica del coste económico de la producción de agua.

El Cuadro 8 a continuación ilustra la cantidad y el momento de la reducción de las pérdidas físicas como consecuencia de las intervenciones. Se espera que después de que se complete cada uno de los proyectos, las pérdidas de agua se reducirán en aproximadamente 2,6 millones de m3 por año para el caso de La Paz, 0,9 millones para Atlacomulco, 0,3 millones para Tenango del Valle, 3,5 millones para Metepec y casi 3,5 millones para el caso de Tuxla Gutierrez.

Cuadro 8: Reducción de las pérdidas físicas (en m3)

Municipio	2016	2017	2018	2019	2020
1. La Paz	258,101	774,304	1,548,609	2,064,812	2,581,014
2. Atlacomulco	-	123,910	433,686	743,461	929,327
3. Tenango del Valle	-	41,628	145,696	249,765	312,206
4. Metepec	-	470,263	1,645,920	2,821,577	3,526,972
5. Tuxla Gutierrez	1,397,880	2,795,761	3,494,701	3,494,701	3,494,701

Los costos del agua producida se estimaron utilizando datos sobre los costos de administración, operación y mantenimiento proporcionadas por los OO. Estos costos no están incluyendo los gastos de capital y, por lo tanto, están subestimando el valor del agua. Además, dado que la mayor parte del suministro de agua se bombea de la tierra, el costo de la energía eléctrica debe ajustarse para reflejar los costos económicos. El costo de producción calculado como se explica más arriba fue convertido a precios sociales utilizando el factor de conversión estándar, y este es el valor que se utiliza para obtener el ahorro de costos debido a cada uno de los proyectos. Sin embargo, en general la tarifa pagada por los OO para la electricidad es muy inferior al costo económico de la energía, por lo que este es un análisis conservador. En el cuadro a continuación presenta la información sobre costos de producción.

Cuadro 9: Costos de producción

Municipio	(US\$/m3)
1. La Paz	1.26
2. Atlacomulco	0.74
3. Tenango del Valle	0.84
4. Metepec	0.35
5. Tuxla Gutierrez	0.40

Como puede verse, existen amplias disparidades entre los costos unitarios de producción de los distintos OO. Estas diferencias pueden deberse a la escala de los operadores, a los derechos de

I.

³ El ahorro en los costos de producción se justifica por la reducción del caudal utilizado, ahorros en tiempos de operación de fuentes de abastecimiento, ahorros por la reducción de personal para reparar las fugas, mayor control del sistema y por ende ampliación del tiempo de vida de la red en general, entre otros.

agua que los distintos OO deben hacer frente, a los diferentes costos de energía eléctrica, entre otros factores. El cuadro 10 ilustra los ahorros en los costos de producción.

Cuadro 10: Ahorro en costos de producción (en US\$/año)

Municipio	2016	2017	2018	2019	2020
1. La Paz	\$259,862	\$779,586	\$1,559,172	\$2,078,896	\$2,598,620
2. Atlacomulco	-	\$91,635	\$320,721	\$549,808	\$687,260
3. Tenango del Valle	-	\$34,912	\$122,191	\$209,471	\$261,838
4. Metepec	-	\$165,254	\$578,390	\$991,525	\$1,239,406
5. Tuxla Gutierrez	\$523,898	\$1,047,796	\$1,309,745	\$1,309,745	\$1,309,745

Los supuestos adicionales involucrados en el cálculo de los beneficios de los proyectos fueron:

- El horizonte de análisis es de 20 años.
- La unidad monetaria utilizada es dólares norteamericanos de agosto de 2015, aplicándose el tipo de cambio de M\$16.4 por US\$, correspondiente a la fecha mencionada.
- La tasa de descuento es de 12% para establecer los valores presentes de los flujos.

El Cuadro 11 muestra los resultados finales del cálculo de beneficios de estos proyectos, los que varían desde un mínimo de US\$1.4 millones en la ciudad de Tenango del Valle, a un máximo de US\$14.8 millones en la ciudad de La Paz, que representa un ambicioso plan de reducción de fugas en una ciudad de más de 500 mil habitantes.

Cuadro 11: Resultado del cálculo de beneficios

Proyecto	VP Beneficios (US\$)
1. La Paz	14,801,795
2. Atlacomulco	3,696,749
3. Tenango del Valle	1,408,419
4. Metepec	6,666,724
5. Tuxla Gutierrez	8,872,596

4. Resultados de Rentabilidad

Los resultados de las evaluaciones de los 5 proyectos de ANC se presentan en el siguiente cuadro. Estos muestran que los 5 proyectos estudiados presentan Valores Presentes Netos (VPN) positivos al 12%, con Tasas Internas de Retorno Económica (TIRE) que varían entre 14.5% en La Paz y 45.4% en Atlacomulco.

Cuadro 12: Resultados de rentabilidad de los proyectos

Municipio	VPN (US\$)	TIRE (%)	Relación Beneficio-Costo
1. La Paz	1,351,512	14.5	1.10
2. Atlacomulco	2,193,431	45.4	2.46
3. Tenango del Valle	413,556	20.9	1.42
4. Metepec	2,695,017	26.1	1.68
5. Tuxla Gutierrez	4,405,016	41.9	1.99

5. Análisis de Sensibilidad

Dadas las incertidumbres existentes sobre los algunos de los supuestos y parámetros del análisis se presenta en esta sección un análisis de sensibilidad de la rentabilidad de cada proyecto.

Los supuestos básicos para el análisis son los siguientes:

- La inversión de cada proyecto puede presentar una variación de +20% de los valores base.
- Los costos incrementales de O&M varían en +50% de los valores base.
- El costo unitario de producción podría variar en -20% de los valores base.
- La cantidad de agua ahorrada varía en -20% del valor base.⁴

El siguiente cuadro muestra los resultados principales del análisis de sensibilidad sobre la TIRE.

Cuadro 13: Resumen análisis de sensibilidad – TIRE de los proyectos (%)

Municipio	Valor base	Costos de inversión (+20)	Costos de O&M (+50%)	Costo unitario de producción (-20%)	Cantidad de agua ahorrada (-20%)
1. La Paz	14.5	9.9	12.2	9.0	9.0
2. Atlacomulco	45.4	40.5	43.8	35.1	35.1
3. Tenango del Valle	20.9	16.1	16.2	12.7	12.7
4. Metepec	26.1	20.6	24.6	19.5	19.5
5. Tuxla Gutierrez	41.9	30.2	39.2	28.1	28.1

I. _____

⁴ La selección de valores para el análisis de sensibilidad se basa en la práctica estándar para este tipo de proyectos. El BID está trabajando actualmente en una revisión de los costos finales de la ejecución de proyectos de infraestructura (“Modelo para la estimación y seguimiento del costo final de un programa de infraestructura”, BID, 2015, primer borrador).

Los resultados anteriores muestran que ante cambios en los supuestos y parámetros en las magnitudes indicadas, se mantendría una elevada certeza de rentabilidad en los proyectos analizados, excepto en el caso de La Paz, que dejaría de ser rentable bajo tres de los escenarios analizados.

IV. Proyectos de Eficiencia Comercial

1. Tipología de Proyectos

Se analizaron un total de 6 proyectos de eficiencia comercial, los cuales corresponden a la instalación de micro-medidores en los hogares. Se analizaron proyectos para las ciudades de La Paz, Atlacomulco, Tenango del Valle, Metepec, Torreón y Tuxla Gutierrez. El cuadro 14 a continuación presenta los datos básicos de los operadores en estas ciudades.

Cuadro 14: Muestra de Proyectos – Instalación de Micro-medidores

Municipio	Estado	Organismo Operador	Población total (estimado 2015)	Número de conexiones	Producción anual (m3/año)	Inversión Total (US\$)
1. La Paz	Baja California Sur	SAPA	290.288	81.822	25.810.144	4.077.141
2. Atlacomulco	Estado de Mexico	ODAPAS	93.718	15.699	6.195.510	650.781
3. Tenango del Valle	Estado de Mexico	OPDAPAS	85.897	6.236	2.081.376	650.781
4. Metepec	Estado de Mexico	APAS	228.758	51.790	23.513.145	6.423.293
5. Torreón	Coahuila	SIMAS	640.233	163.317	74.691.682	5.428.312
6. Tuxla Gutierrez	Chiapas	SMAPA	581.805	113.388	69.894.024	1.000.198

Algunos elementos básicos de estos datos son los siguientes:

- Todos los precios están expresados en US\$ de agosto de 2015, y el tipo de cambio utilizado es de 16,4 Pesos Mexicanos por US\$.
- Los precios se expresan a precios de mercado y fueron actualizados al año 2015 utilizando el Índice de Precios al Consumidor (IPC) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI).
- Los datos de población son proyecciones para el año 2015 realizadas en base al Censo 2010.

A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de los proyectos.

La Paz. En la ciudad de La Paz y su Zona Conurbada se asienta una población de 290.288 habitantes (estimado 2015) con una cobertura de agua potable entubada del 96.47%. Del total de

las 81.822 tomas, solamente 24.867 cuentan con micro medidores funcionando con precisión, lo que representa apenas un 30.4% de cobertura de micro medición. Sin embargo, entre estas últimas solo 16.000 tomas cuentan con micro medidor nuevo o rehabilitado en los últimos tres años. Por lo tanto, en gran parte del sistema se requiere de la instalación de medidores en las tomas, mientras que en otros casos es necesario sustituir los existentes

En respuesta a ello, se ha diseñado un proyecto para la instalación de 63.720 micro medidores. Además de la instalación de los mismos, es fundamental la evaluación en la toma de lecturas, reparto de recibos y la atención global de los usuarios. La supervisión es un trabajo clave para ir identificando incidencias, agruparlas y definir las estrategias para su corrección, a fin de que se reduzcan progresivamente, conforme se vayan instalando los micro medidores.

Atlacomulco: La población total del municipio para 2015 se estima en 93.718 habitantes. Del total de 15.699 tomas, solamente 689 (un 4.3%) cuentan con servicio medido.

Dada esta situación, se planea implementar un proyecto de instalación y sustitución de 4.000 micro medidores para disponer de un sistema que permita controlar la utilización racional de los servicios de agua potable y administrar los consumos de los usuarios con estadísticas adecuadas.

El proyecto consta de los siguientes ítems:

- a) selección de micro medidores domiciliarios;
- b) instalación física de micro medidores de radiofrecuencia;
- c) mantenimiento preventivo;
- d) mantenimiento correctivo;
- e) determinación de consumos y procesamiento de información.

En materia de mantenimiento preventivo al padrón de medidores, se realizarán las siguientes actividades:

- a) identificar las fallas en los medidores, por descompostura, manipulación o cualquier otra causa;
- b) reponer las maquinarias que se vayan descomponiendo;
- c) monitorear permanentemente la medición de consumos;

En materia de corrección de continuar con la medición al 100% (reposición de medidores), se realizarán las siguientes actividades:

- a) identificar los medidores que ya no tienen compostura para cambiarlos;
- b) generar los reportes para cambio de medidores;
- c) verificar los cambios de medidores;
- d) monitorear el adecuado funcionamiento de los aparatos instalados.

Tenango del Valle: La ciudad de Tenango del Valle cuenta actualmente con aproximadamente 86.000 habitantes. Actualmente existen 6.236 tomas, de las cuales 311 cuentan con medidor, lo que representa un 4,9%.

Al igual que para el caso de Atlacomulco, se ha elaborado un proyecto para la instalación de 4.000 micro medidores el cual incluye las correspondientes medidas de capacitación del personal para su correcta lectura y mantenimiento. El proyecto incluye:

- a) selección de micro medidores domiciliarios;
- b) instalación física de micro medidores de radiofrecuencia;
- c) mantenimiento preventivo;
- d) mantenimiento correctivo;
- e) determinación de consumos y procesamiento de información.

En materia de mantenimiento preventivo al padrón de medidores, se incluye:

- a) identificar las fallas en los medidores, por descompostura, manipulación o cualquier otra causa;
- b) reponer las maquinarias que se vayan descomponiendo;
- c) monitorear permanentemente la medición de consumos;

En materia de corrección de la medición, se realizarán las siguientes actividades:

- a) identificar los medidores que ya no tienen compostura para cambiarlos;
- b) generar los reportes para cambio de medidores;
- c) verificar los cambios de medidores;
- d) monitorear el adecuado funcionamiento de los aparatos instalados.

Metepec: La población total del municipio para 2015 se estima en aproximadamente 230.000 habitantes, con una cobertura de agua potable estimada en 98%. Del total de usuarios del servicio, solo 8.840 cuentan con servicio medido, esto es, un 17%.

A su vez, de los usuarios con micro medidor existen 1.888 que no tienen registrada la fecha de instalación del micro medidor, los cuales representan un 21.35%, por lo que se debe programar su sustitución por nuevos aparatos de medición.

De esta manera se ha desarrollado un proyecto para la instalación de 44.000 medidores. Al igual que en los casos anteriores, el proyecto de medición de consumos abarca la instalación física de micro medidores de radiofrecuencia, su mantenimiento preventivo y correctivo, la determinación de consumos y el procesamiento de información.

A su vez, se debe implantar la verificación continua de micro medidores con las pruebas establecidas en la norma oficial Mexicana NOM-012-SCSI-1993, medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos.

Durante el proceso de implementación del proyecto, se requiere que se haya establecido el proyecto de actualización del padrón de usuarios y recopilado mapas temáticos de micro

medidores, donde se determinen las cantidades de medidores que se encuentran instalados y señalar cuantos están funcionando, clasificándolos por marca, modelo, diámetro y capacidad nominal. Luego se elabora el programa de instalación, calibración y sustitución de aparatos; se determina el calendario de mantenimiento preventivo y correctivo; y finalmente se establecen las políticas de registro y manejo de información, así como su relación con otras áreas del organismo operador. Adicionalmente se capacita al personal en medición domiciliaria, pruebas, normatividad, calibración, toma de lecturas y registro de información computarizada.

Torreón: la población de Torreón se estima en aproximadamente 640 mil habitantes, con una cobertura de agua potable cercana al 98%. De las aproximadamente 160 mil tomas existentes, aproximadamente 154 mil cuentan con micro medición, lo que representa aproximadamente un 94%,

Si bien el índice de micro medición es muy elevado, se ha desarrollado un proyecto para reforzar la instalación de medidores en las zonas donde hagan falta; es decir sustituir los medidores que presenten fallas con el objetivo de mantener el índice de micro medición, estimados en 10.000.

En paralelo a instalar nuevos medidores a nuevos usuarios o para reemplazo, se requiere implementar programas de reparación y mantenimiento de los mismos.

Tuxla Gutierrez: la población de Tuxla Gutierrez se estima en aproximadamente 580 mil habitantes, con una cobertura de agua potable cercana al 95%. De un numero de aproximadamente 113 mil tomas, la cobertura de micro medición alcanza al 95,1%, es decir, unas 108 mil tomas.

Al igual que en el caso del proyecto anterior, se ha planificado la realización de acciones orientadas a alcanzar y mantener una cobertura alta en la micro medición, dando respuesta al incremento de la demanda en los servicios debido a la dinámica del crecimiento poblacional y otorgando un mantenimiento y operación adecuada al equipamiento, previéndose la instalación de 17.094 medidores.

2. Inversiones y Otros Costos

Los costos de inversión mostrados en el Cuadro x son los costos actualizados al año 2015 a precios de mercado. Los costos de inversión incluyen los costos directos de las obras, así como los indirectos de administración, diseño, supervisión y contingencias. El Cuadro 15 a continuación, presenta el cronograma de costos de inversión por año de implementación.

Cuadro 15: Costos de inversión por año (en US\$)

Municipio	2016	2017	2018	2019	2020	Total
1. La Paz	815.428	815.428	815.428	815.428	815.428	4.077.141
2. Atlacomulco	162.695	162.695	162.695	162.695	-	650.781
3. Tenango del Valle	162.695	162.695	162.695	162.695	-	650.781
4. Metepec	1.605.823	1.605.823	1.605.823	1.605.823	-	6.423.293
5. Torreón	3.799.818	1.139.945	217.132	162.849	108.566	5.428.312
6. Tuxla Gutierrez	863.256	68.035	68.907	-	-	1.000.198

Un supuesto importante del análisis, es que se asume una vida útil de 10 años para los medidores. Por lo tanto, a los 10 años del análisis se incluye la correspondiente inversión por reposición.

A los fines de convertir los costos de inversión de precios de mercado a precios sociales, se desagregaron los costos en materiales y equipos nacionales, materiales y equipos importados, mano de obra calificada y mano de obra no calificada. Esta desagregación se presenta en el Cuadro 16 a continuación.

Cuadro 16: Costos de inversión por insumo económico (en US\$)

Municipio	Maquinaria de origen nacional	Maquinaria de origen importado	Materiales de origen nacional	Materiales de origen importado	Mano de obra calificada	Mano de obra no calificada
1. La Paz	2,038,570	407,714	326,171	81,543	815,428	407,714
2. Atlacomulco	325,390	65,078	52,062	13,016	130,156	65,078
3. Tenango del Valle	325,390	65,078	52,062	13,016	130,156	65,078
4. Metepec	3,211,646	642,329	513,863	128,466	1,284,659	642,329
5. Torreón	2,714,156	542,831	434,265	108,566	1,085,662	542,831
6. Tuxla Gutierrez	500,099	100,020	80,016	20,004	200,040	100,020

A partir de dicha información se aplicaron los factores de conversión indicados en la sección III.2 del presente anexo. Por lo tanto, tomando en cuenta la composición de costos de cada categoría de gasto, se obtiene que la aplicación de los factores de conversión para eliminar impuestos indirectos (Impuesto al Valor Agregado y aranceles) y otras distorsiones en el mercado laboral, hace que a precios de cuenta la inversión total alcance a aproximadamente un 86% del valor a precios de mercado. Dicha información se presenta en el Cuadro 17.

Cuadro 17: Costos de inversión a precios sociales

Municipio	Inversión inicial a precios de mercado (US\$)	Inversión inicial a precios sociales (US\$)
1. La Paz	4.077.141	3.280.000
2. Atlacomulco	650.781	523.544
3. Tenango del Valle	650.781	523.544
4. Metepec	6.423.293	5.167.445
5. Torreón	5.428.312	4.366.997
6. Tuxla Gutierrez	1.000.198	804.645

El Cuadro 18 presenta información relativa a los costos anuales de O&M. En todos los casos, y basado en la experiencia de proyectos similares ejecutados en el pasado, estos se asumieron iguales al 3% de la inversión inicial.

Cuadro 18: Costos de Operación y Mantenimiento

Municipio	Costos O&M (US\$/año)
1. La Paz	\$122,314
2. Atlacomulco	\$19,523
3. Tenango del Valle	\$19,523
4. Metepec	\$192,699
5. Torreón	\$162,849
6. Tuxla Gutierrez	\$30,006

Estos costos fueron expresados a precios sociales utilizando el factor de conversión promedio para la inversión inicial.

El Cuadro 19 presenta el valor presente de los costos de inversión y de O&M para cada proyecto de la muestra aplicando una tasa de descuento del 12%.

Cuadro 19: Valor presente de los costos totales a precios de mercado

Municipio	Valor presente de la inversión (US\$)	Valor presente de los costos de O&M (US\$)	Valor presente de los costos totales (US\$)
1. La Paz	\$3,708,074	\$497,667	\$3,625,069
2. Atlacomulco	\$623,124	\$99,198	\$624,744
3. Tenango del Valle	\$623,124	\$99,198	\$624,744
4. Metepec	\$6,150,323	\$979,099	\$6,166,303
5. Torreón	\$5,827,078	\$928,023	\$5,842,600
6. Tuxla Gutierrez	\$1,102,150	\$178,265	\$1,107,822

3. Beneficios

Es esperable que la instalación, el mantenimiento y la operación de estos medidores proporcionen ingresos adicionales a los OO, lo que mejorará la situación financiera de las entidades. Los beneficios económicos de medición de agua, sin embargo, se derivan de eficiencias de asignación de recursos que resultan de cargar a los clientes el costo de oportunidad de la provisión de agua.

Si se espera que después de que se completen los proyectos los consumidores no se enfrenten a problemas de abastecimiento de agua importantes, el costo de oportunidad del agua se asume que es igual a los costos de operación y mantenimiento de la provisión de agua (sin embargo, cabe aclarar, que este enfoque subestima los beneficios económicos si los usuarios enfrentas restricciones al consumo de agua). Por lo tanto, los beneficios económicos brutos resultan de la

disminución de los costos de producción a partir de que los consumidores redujeron su consumo en respuesta a tener que pagar un precio asociado a las cantidades consumidas de agua. Este beneficio bruto se ve parcialmente compensado por la reducción en el excedente del consumidor dado que los consumidores redujeron su consumo. La pérdida de excedente del consumidor depende de la elasticidad de la demanda de los consumidores y del precio cobrado. El cálculo necesario para calcular la disminución en el excedente del consumidor es la integral de la curva de demanda entre un precio de cero y el nivel tarifario correspondiente a la nueva situación con consumo medido.

De esta manera, los pasos para el análisis costo-beneficio son los siguientes: 1) estimar la elasticidad de la demanda de agua; 2) obtener el consumo medio de agua en los hogares; 3) el cálculo de los costos de operación y mantenimiento actuales del sistema. Los pasos 1) a 3) permitirán la estimación del beneficio bruto y la pérdida del excedente del consumidor.

Para la elasticidad de la demanda, el análisis utiliza la elasticidad estimada en el estudio “Modelando la Demanda de Agua de Uso Residencial en México”⁵, en el cual se establecen los límites inferior y superior para la elasticidad-precio de consumo de agua doméstico en zonas urbanas de México de -0.22 y -0.58. A los efectos del análisis, se utilizó el punto medio del rango, es decir -0.4, realizando el correspondiente análisis de sensibilidad con los extremos calculados por el estudio.

En cuanto al consumo de agua, de acuerdo con datos proporcionados por cada OO, este se estimó utilizando el consumo medio de los usuarios que ya cuentan con una medición de agua. Esta información se presenta en el cuadro a continuación.

Cuadro 20: Consumo medio de agua por hogar (m3/mes)

Municipio	Consumo medio por hogar (m3/mes)
1. La Paz	16.7
2. Atlacomulco	19.7
3. Tenango del Valle	20.0
4. Metepec	20.3
5. Torreón	20.8
6. Tuxla Gutierrez	17.3

Los costos de operación fueron obtenidos de los estados financieros de los OO y actualizados al año 2015 utilizando el IPC del INEGI, y fueron convertidos a precios sociales utilizando el factor de conversión estándar de 0.9231. Estos se presentan en el cuadro a continuación.

I. _____

⁵ Jaramillo-Mosqueira, Luis, “Modelando la Demanda de Agua de Uso Residencial en México”, Instituto Nacional de Ecología, Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental, Marzo de 2003.

Cuadro 21: Costos de oportunidad

Municipio	(US\$/m3)
1. La Paz	1.26
2. Atlacomulco	0.74
3. Tenango del Valle	0.84
4. Metepec	0.35
5. Torreón	0.97
6. Tuxla Gutierrez	0.40

Por último, las tarifas marginales, correspondientes a los consumos medios señalados, cobradas por cada OO se presentan en el cuadro a continuación.

Cuadro 22: Tarifa marginal

Municipio	(US\$/m3)
1. La Paz	1.21
2. Atlacomulco	0.80
3. Tenango del Valle	0.69
4. Metepec	0.49
5. Torreón	0.62
6. Tuxla Gutierrez	0.56

Los supuestos adicionales involucrados en el cálculo de los beneficios de los proyectos fueron:

- El horizonte de análisis es de 20 años.
- La unidad monetaria utilizada es dólares norteamericanos de agosto de 2015, aplicándose el tipo de cambio de M\$16.4 por US\$, correspondiente a la fecha mencionada.
- La tasa de descuento es de 12% para establecer los valores presentes de los flujos.

El Cuadro 23 muestra los resultados finales del cálculo de beneficios de estos proyectos, los que varían desde un mínimo de US\$0.8 millones en la ciudad de Atlacomulco, a un máximo de US\$11.9 millones en la ciudad de La Paz.

Cuadro 23: Resultado del cálculo de beneficios

Municipio	VP Beneficios (US\$)
1. La Paz	\$11,995,860
2. Atlacomulco	\$810,956
3. Tenango del Valle	\$1,205,708
4. Metepec	\$6,658,587
5. Torreón	\$4,736,977
6. Tuxla Gutierrez	\$1,230,282

4. Resultados de Rentabilidad

Los resultados de las evaluaciones de los 6 proyectos de micro-medidores se presentan en el siguiente cuadro. Estos muestran que 5 de los 6 proyectos estudiados presentan VPN positivos al 12%, con TIRE que varían entre 15% en Metepec y 140% en La Paz. El único proyecto no viable es el de Torreón, dado que su costo de implementación es muy elevado.

Cuadro 24: Resultados de rentabilidad de los proyectos

Municipio	VPN (US\$)	TIRE (%)	Relación Beneficio-Costo
1. La Paz	\$8,370,791	140.4	3.31
2. Atlacomulco	\$186,212	23.2	1.30
3. Tenango del Valle	\$580,964	48.9	1.93
4. Metepec	\$492,283	15.0	1.08
5. Torreón	(\$1,105,623)	5.0	0.81
6. Tuxla Gutierrez	\$122,460	16.0	1.11

5. Análisis de Sensibilidad

Dadas las incertidumbres existentes sobre los algunos de los supuestos y parámetros del análisis se presenta en esta sección un análisis de sensibilidad de la rentabilidad de cada proyecto.

Los supuestos básicos para el análisis son los siguientes:

- La inversión de cada proyecto puede presentar una variación de +20% de los valores base.
- Los costos incrementales de O&M varían en +50% de los valores base.⁶
- La elasticidad-precio de la demanda tiene los valores de -0.22 y -0.58.

El siguiente cuadro muestra los resultados principales del análisis de sensibilidad sobre la TIRE.

I.

⁶ Excepto para la elasticidad de la demanda que ya fue explicado, la selección de valores para el análisis de sensibilidad se basa en la práctica estándar para este tipo de proyectos. El BID está trabajando actualmente en una revisión de los costos finales de la ejecución de proyectos de infraestructura (“Modelo para la estimación y seguimiento del costo final de un programa de infraestructura”, BID, 2015, primer borrador).

Cuadro 25: Resumen análisis de sensibilidad – TIRE de los proyectos (%)

Municipio	Valor base	Costos de inversión (+20)	Costos de O&M (+50%)	Elasticidad-precio de la demanda -0.22	Elasticidad-precio de la demanda -0.58
1. La Paz	140.4	93.0	132.2	43.1	612.9
2. Atlacomulco	23.2	15.1	20.2	0.5	46.8
3. Tenango del Valle	48.9	35.2	45.4	14.3	99.3
4. Metepec	15.0	8.1	12.0	-4.9	33.5
5. Torreón	5.0	-0.2	2.0	0.45	18.3
6. Tuxla Gutierrez	16.0	9.3	13.1	-2.7	34.5

Los resultados anteriores muestran que ante cambios en los supuestos y parámetros en las magnitudes indicadas, en la mayoría de los casos se mantendría una elevada certeza de rentabilidad en los proyectos analizados. Sin embargo, es importante notar la elevada sensibilidad de la rentabilidad de los proyectos a cambios en la elasticidad-precio de la demanda. La medida de elasticidad-precio para demanda doméstica de agua en la región más utilizada es -0.5, la cual dejaría a la mayoría de los proyectos en posición de rentabilidad económica.

V. Proyectos Generales de Eficiencia Física

1. Tipología de Proyectos

Se analizaron un total de 20 proyectos de eficiencia física para las ciudades de Atlacomulco, Tenango del Valle, Metepec, Torreón y Tuxla Gutierrez. El cuadro 26 a continuación presenta los datos básicos de los operadores en estas ciudades.

Cuadro 26: Muestra de Proyectos – Eficiencia física

Municipio	Estado	Organismo Operador	Población total (estimado 2015)	Número de conexiones	Producción anual (m3/año)	Cantidad de proyectos	Inversión Total (US\$)
1. Atlacomulco	Estado de Mexico	ODAPAS	93.718	15.699	6.195.510	5	\$694,402
2. Tenango del Valle	Estado de Mexico	OPDAPAS	85.897	6.236	2.081.376	5	\$405,939
3. Metepec	Estado de Mexico	APAS	228.758	51.790	23.513.145	5	\$2,069,906
4. Torreón	Coahuila	SIMAS	640.233	163.317	74.691.682	3	\$9,869,231
5. Tuxla Gutierrez	Chiapas	SMAPA	581.805	113.388	69.894.024	2	\$5,773,771

Algunos elementos básicos de estos datos son los siguientes:

- Todos los precios están expresados en US\$ de agosto de 2015, y el tipo de cambio utilizado es de 16,4 Pesos Mexicanos por US\$.
- Los precios se expresan a precios de mercado y fueron actualizados al año 2015 utilizando el Índice de Precios al Consumidor (IPC) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI).
- Los datos de población son proyecciones para el año 2015 realizadas en base al Censo 2010.

A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de los proyectos.

Atlacomulco:

Proyecto 1: Automatización de 8 fuentes de abastecimiento por medio de SCADA.

El objetivo del proyecto es que el OO cuente con un sistema de monitoreo y control de las fuentes de abastecimiento del sistema de agua potable que permita conocer en tiempo real el estado de operación de los pozos, tanques y re-bombes, controlar y monitorear desde una base estaciones lejanas, obtener información de producción, eficiencia y costo de operación de las estaciones y tener acceso a la información a través de un centro de control.

Para llevar a cabo este proyecto será necesario diseñar y desarrollar el hardware y software de un sistema SCADA que permita monitorear y controlar las fuentes de abastecimiento del sistema de agua potable, utilizando un software de monitoreo y control. Para ello se prevé la incorporación de este sistema, con una inversión de \$126,512 a lo largo de 4 años abarcando el 100% de las fuentes de abastecimiento existentes.

Como beneficio del proyecto, se estiman ahorros en el costo directo anual de operación por energía eléctrica, combustible y personal, de aproximadamente el 15%.

Además, se podrá llevar un mejor control de los volúmenes de extracción y de los pagos que se realizan a la Conagua por este concepto; un mejor control del agua entregada en redes para su comparativo con los volúmenes facturados; y se tendrá un mejor control de seguridad contra el vandalismo en las fuentes ubicadas en zonas de alto riesgo.

Proyecto 2: Implementación de sistema de tele gestión para monitoreo en almacenamientos y regulaciones, incluyendo el monitoreo de niveles en los tanques y caudales de llegada-salida a un centro de control.

El objetivo del proyecto es contar con un sistema de monitoreo de caudales, presiones de salida y niveles, estableciendo una base de datos para consulta y establecimiento de directrices para mejora de los sistemas de almacenamiento y regulación.

El proyecto implica la incorporación de un equipo de telemetría GSM-GPRS que permita el monitoreo de medición de caudales, niveles y presiones por cada tanque y re-bombeo.

La inversión necesaria se estima en \$102,303 y un cronograma de implementación de 2 años, abarcando el 65% de las estructuras de almacenamiento y regulación durante el primer año y el 100% de las estructuras existentes al finalizar el proyecto. El proyecto a su vez tiene un costo de mantenimiento preventivo del 5% anual.

Como beneficio del proyecto se estiman ahorros del 5% en la distribución, operación por energía eléctrica, combustible y personal, ya que se optimizará el empleo de los almacenamientos y el funcionamiento de los re-bombes. Además, gracias a los sistemas de monitoreo y control, se reducirán los derrames en tanques y fugas por exceso de presión en la zona baja; disminuirán los mantenimientos mayores en pozos producto de un mejor mantenimiento preventivo; y se incrementará el horario de servicio y redistribución del recurso a zonas históricamente desabastecidas.

Proyecto 3: Automatización de almacenamientos y regulaciones

Con la implementación de este proyecto se espera tener el control operativo de los almacenamientos para abrir y cerrar las entradas y salidas de los mismos mediante un telecontrol. Para ello será necesaria la adquisición e instalación de equipo de automatización y válvulas automáticas en los tanques existentes.

Con un costo total de \$91,305 y un periodo de ejecución de 2 años, se abarcará el 50% de los tanques en cada año. A su vez, este proyecto tiene asociado un costo de mantenimiento preventivo del 2.5% anual.

El beneficio asociado es permitir la manipulación de entradas y salidas de tanques a distancia, con la consecuente reducción del costo en energía eléctrica, combustible y personal de personal operativo, estimado ahorros en la producción en alrededor del 7% anual.

Proyecto 4: Equipar todos los tanques con macro medidores a la salida y llegada

El objetivo del proyecto es reforzar el control del OO en la distribución del agua mediante la instrumentación de las entradas y salidas de los almacenamientos y regulaciones. Para ello será necesario el suministro e instalación de macro medidores en los tanques existentes que opera el ODAPAS.

Con una inversión de aproximadamente \$106,663 y una ejecución de dos años, se abarcarán el 75% de las estructuras durante el primer año de ejecución y el resto se llevará a cabo durante el segundo año.

El beneficio esperado es incrementar la macro medición en conducciones al 100% y contar con herramientas de cuantificación de pérdidas, eficiencias y balances hidráulicos semiautomáticos. Se estiman ahorros del 5% en la producción.

Proyecto 5: Catastro de redes actualizado que incluya la digitalización de planos y formatos de fichas de cajas de válvulas

El objetivo del proyecto es permitir el conocimiento pleno de la red de distribución en cuanto a diámetros, trazo y estado de las tuberías, lo cual permitirá un control total del departamento técnico, así como permitir la implementación de un modelo hidráulico.

Las actividades a financiar incluyen el levantamiento del catastro en estructuras hidráulicas existentes, de líneas de conducción y de redes de distribución, y la adquisición de 160 cajas de válvulas.

Este proyecto tendrá un periodo de ejecución de dos años, en donde para el año 2015 se realizará el 90% del levantamiento y el 10% restante durante el segundo año. El costo total del proyecto es de \$267,620.

Esta actividad permitirá el conocimiento pleno de la red de distribución en cuanto a diámetros, trazo y estado de las tuberías, lo cual permitirá un control total del departamento técnico; se estima que reflejará ahorros en la producción del 8%.

Tenango del Valle:

Proyecto 1: Automatización de 4 fuentes de abastecimiento por medio de SCADA

El objetivo del proyecto es que el OO de Tenango del valle cuente con un sistema de monitoreo y control de las fuentes de abastecimiento del sistema de agua potable que permita conocer en tiempo real el estado de operación de los pozos, tanques y re bombeos, controlar y monitorear desde una base estaciones lejanas, obtener información de producción, eficiencia y costo de operación de las estaciones y tener acceso a la información a través de un centro de control.

Para llevar a cabo esta actividad será necesario diseñar y desarrollar el hardware y software de un sistema SCADA para monitorear y controlar las fuentes de abastecimiento del sistema de agua potable, utilizando un software de monitoreo y control.

El costo total del proyecto es de \$68,657 con un periodo de ejecución de un año, con lo que se espera una cobertura del 100% de las fuentes de abastecimiento.

Como beneficio esperado se estiman ahorros en costos directo de operación por energía eléctrica, combustible y personal, de aproximadamente el 18%. Además, se podrá llevar un mejor control de los volúmenes de extracción y de los pagos que se realizan a la Conagua por este concepto; un mejor control del agua entregada en redes para su comparativo con los volúmenes facturados; y se tendrá un mejor control de seguridad contra el vandalismo en las fuentes ubicadas en zonas de alto riesgo.

Proyecto 2: Conducciones - Implementación de sistema de tele gestión para monitoreo en almacenamientos y regulaciones, incluyendo el monitoreo de niveles en los tanques y caudales de llegada-salida a un centro de control

El objetivo del proyecto es contar con un sistema de monitoreo de caudales, presiones de salida y niveles, estableciendo una base de datos para consulta y establecimiento de directrices para la mejora de los sistemas de almacenamiento y regulación. Para ello será necesario incorporar un equipo de telemetría GSM-GPRS que permita el monitoreo de medición de caudales, niveles y presiones por cada tanque y re bombeo.

Con una inversión total de \$37,550 y un periodo de ejecución de dos años, se cubrirán el 65% de las estructuras de almacenamiento y regulación durante el primer año y el 100% de las estructuras existentes al segundo año. A su vez, se estima un costo por mantenimiento preventivo del 5%.

Como beneficio se estiman ahorros del 5% en la distribución, operación por energía eléctrica, combustible y personal, ya que se optimizará el empleo de los almacenamientos y el funcionamiento de los re bombeos. Además, gracias a los sistemas de monitoreo y control, se reducirán los derrames en tanques y fugas por exceso de presión en la zona baja; disminuirán los mantenimientos mayores en pozos, gracias a un mejor mantenimiento preventivo; y se incrementará el horario de servicio y redistribución del recurso a zonas históricamente desabastecidas.

Proyecto 3: Almacenamientos - Automatización de almacenamientos y regulaciones

Con la implementación de este proyecto actividad se espera tener el control operativo de los almacenamientos para abrir y cerrar las entradas y salidas de los mismos mediante un telecontrol.

Para ello será necesaria la adquisición e instalación del equipo de automatización y válvulas automáticas en los tanques existentes.

Con un costo de \$29,480 y una ejecución de dos años, se abarcara el 50% de los tanques en cada año. A su vez el proyecto tiene un costo de mantenimiento preventivo asociado del 2.5% anual.

Con la implementación del proyecto se espera que debido a la manipulación de entradas y salidas de tanques a distancia, se producirá una reducción en energía eléctrica, combustible y personal de personal operativo, estimando ahorros en la producción en alrededor del 10%.

Proyecto 4: Equipar los tanques con macro medidores a la salida y llegada

El objetivo del proyecto es reforzar el control del OO en la distribución del agua mediante la instrumentación de las entradas y salidas de los almacenamientos y regulaciones. Para ello será necesario el suministro e instalación de macro medidores en los tanques existentes que opera el OO.

Con un costo estimado total de \$41,129 y una ejecución de dos años, se abarcara el 75% de las estructuras durante el primer año y el resto se llevará a cabo durante el segundo año.

El beneficio es incrementar la macro medición en conducciones al 100% y contar con herramientas de cuantificación de pérdidas, eficiencias y balances hidráulicos semiautomáticos. Se estiman ahorros del 6% en la producción.

Proyecto 5: Catastro de redes actualizado que incluya la digitalización de planos y formatos de fichas de cajas de válvulas

El objetivo del proyecto es lograr el conocimiento pleno de la red de distribución en cuanto a diámetros, trazo y estado de las tuberías, lo cual permitirá un control total del departamento técnico, así como permitir la implementación de un modelo hidráulico.

Para ello se realizara el levantamiento del catastro en estructuras hidráulicas existentes, de líneas de conducción y de redes de distribución, incluyendo la adquisición de 120 cajas de válvulas.

El proyecto se ejecutara en dos años, en donde para el primer año se realizará el 90% del levantamiento y para el segundo año el 10% restante. El costo total es de \$229,122.

El conocimiento pleno de la red de distribución en cuanto a diámetros, trazo y estado de las tuberías, se estima que reflejará ahorros en la producción del 10%.

Metepec:

Proyecto 1: Automatización de 27 fuentes de abastecimiento por medio de SCADA

El objetivo del proyecto es que el APAS cuente con un sistema de monitoreo y control de las fuentes de abastecimiento del sistema de agua potable que permita conocer en tiempo real el estado de operación de los pozos, tanques y re bombeos, controlar y monitorear desde una base estaciones lejanas, obtener información de producción, eficiencia y costo de operación de las estaciones y tener acceso a la información a través de un centro de control.

Para llevar a cabo este proyecto será necesario diseñar y desarrollar el hardware y software de un sistema SCADA para monitorear y controlar las fuentes de abastecimiento del sistema de agua potable, utilizando un software de monitoreo y control.

Se prevé que el proyecto se ejecute en un plazo de cuatro años, con una cobertura del 80% de las fuentes de abastecimiento durante los primeros tres años y del 100% de las fuentes de abastecimiento existentes para el final de la ejecución. El costo estimado total es de \$711,234.

Como beneficio esperado, se estiman ahorros en el costo directo de operación por energía eléctrica, combustible y personal de aproximadamente el 15%. Adicionalmente se podrá llevar un mejor control de los volúmenes de extracción y de los pagos que se realizan a la Conagua por este concepto; un mejor control del agua entregada en redes para su comparativo con los volúmenes facturados; y un mejor control de seguridad contra el vandalismo en las fuentes ubicadas en zonas de alto riesgo.

Proyecto 2: Implementación de sistema de tele-gestión para monitoreo en almacenamientos y regulaciones.

El objetivo del proyecto es contar con un sistema de monitoreo de caudales, presiones de salida y niveles, estableciendo una base de datos para consulta y establecimiento de directrices para mejora de los sistemas de almacenamiento y regulación. Para ello será necesario incorporar un equipo de telemetría GSM-GPRS que permita el monitoreo de medición de caudales, niveles y presiones por cada tanque y re bombeo, estimándose un total 44 equipos a ser adquiridos.

El proyecto se espera implementar en un periodo de dos años, abarcando el 65% de las estructuras de almacenamiento y regulación durante el primer año y las restantes durante el

segundo. El costo de la inversión inicial se estima en \$114,743, con un costo de mantenimiento preventivo del 5% anual.

Como beneficio esperado, se estiman ahorros del 2% en la distribución, operación por energía eléctrica, combustible y personal, ya que se optimizará el empleo de los almacenamientos y el funcionamiento de los re bombeos. Además, gracias a los sistemas de monitoreo y control, se reducirán los derrames en tanques y fugas por exceso de presión en la zona baja; disminuirán los mantenimientos mayores en pozos, gracias a un mejor mantenimiento preventivo; y se incrementará el horario de servicio y redistribución del recurso a zonas históricamente desabastecidas.

Proyecto 3: Automatización de almacenamientos y regulaciones

Objetivo. Con la implementación de esta actividad, se espera tener el control operativo de los almacenamientos, para abrir y cerrar las entradas y salidas de los mismos mediante un telecontrol. Para ello se adquirirá un equipo de automatización e instalarán válvulas automáticas en los 30 tanques existentes.

Con un costo total de \$759,335, el proyecto se ejecutará en dos años, abarcando el 50% de los tanques en cada año.

La manipulación de entradas y salidas de tanques a distancia tendrá como consecuencia una reducción en energía eléctrica, combustible y personal de personal operativo, estimado ahorros en la producción en alrededor del 7%.

Proyecto 4: Equipar todos los tanques con macro medidores a la salida y llegada

El objetivo del proyecto es reforzar el control del organismo en la distribución del agua mediante la instrumentación de las entradas y salidas de los almacenamientos y regulaciones. Para esta actividad será necesario el suministro e instalación de 60 macro medidores en los 30 tanques existentes que opera el APAS.

La ejecución de este proyecto se realizará en un periodo de dos años, cubriendo el 75% de las estructuras durante el primer año y el resto durante el segundo. El proyecto tiene un costo estimado total de \$119,634.

Como consecuencia del incremento en la macro medición en conducciones al 100% y contar con herramientas de cuantificación de pérdidas, eficiencias y balances hidráulicos semiautomáticos, se estiman ahorros del 5% en la producción.

Proyecto 5: Catastro de redes actualizado que incluya la digitalización de planos y formatos de fichas de cajas de válvulas

El objetivo del proyecto es lograr el conocimiento pleno de la red de distribución en cuanto a diámetros, trazo y estado de las tuberías, lo cual permitirá la implementación de un modelo hidráulico.

Para el logro del objetivo es necesario realizar el levantamiento del catastro en las estructuras hidráulicas existentes, 27.5 km. de líneas de conducción y 359 km. de redes de distribución, para lo cual se estima la adquisición e instalación de 6,760 cajas de válvulas.

El proyecto se ejecutara en un plazo de dos años. Durante el primer año se realizará el 90% del levantamiento y para el segundo año el 10% restante. El costo total del proyecto es de \$364,960.

Este proyecto permitirá el conocimiento pleno de la red de distribución en cuanto a diámetros, trazo y estado de las tuberías, lo cual permitirá un control total del departamento técnico; se estima que reflejará ahorros en la producción del 3%.

Torreón:

Proyecto 1: Sustitución de tomas domiciliarias y rehabilitación de redes de distribución

El objetivo del proyecto es identificar las zonas con la mayor incidencia de fugas tanto en las tomas como en la red de distribución, para implementar medidas con el mayor beneficio-costeo en cuanto a la recuperación de caudales. Si bien este no constituye un proyecto global de ANC, se implementaran acciones puntuales en esa dirección.

Concretamente, en proyecto consiste en la sustitución de tomas domiciliarias (aproximadamente el 30% del padrón de usuarios), y rehabilitar sectores críticos de las redes de distribución para generar economías en los consumos de energía eléctrica y reducir las interrupciones de suministro ya que se tendrá un ahorro al reducir el índice de fugas tanto en las tomas como en la red de distribución; lo que representará economías en los costos de operación y mantenimiento y aprovechamiento del agua recuperada para mejorar el servicio.

El costo total del proyecto se estima en \$7,193,346, con un periodo de ejecución de tres años.

Como beneficio del programa, se espera reducir los costos de distribución, operación por energía eléctrica, combustible y personal en un 3%.

Proyecto 2: Red de comunicaciones para telemetría y automatización

Los objetivos que se buscan con la instalación de una red de comunicaciones son, entre otros, los siguientes:

- Establecer una plataforma de comunicaciones con la suficiente robustez y escalabilidad que permita al OO integrar todos los proyectos operativos, administrativos y comerciales que demanden la transmisión de información (datos, voz y video) sobre una solución propietaria.
- Inclusión de los puntos de interés administrados por el sistema operador (pozos, tanques, re bombeos, oficinas administrativas, plantas de tratamiento de aguas, módulos comerciales, etc.).
- Reducir los costos recurrentes por concepto de transmisión de datos (telemetría y automatización), voz (telefonía) y video (seguridad).
- Extender las capacidades de monitoreo de variable operativas (flujos, presiones, niveles, variables eléctricas) así como el control automático de operaciones recurrentes en pozos, tanques y estaciones de re bombeo.

El proyecto cubrirá la totalidad de la red hidráulica, con un costo estimado de \$2,405,815 y un cronograma de ejecución de un año.

El beneficio esperado es un ahorro en los costos de distribución, operación por energía eléctrica, combustible y personal del 2%.

Proyecto 3: Eficiencia energética

El objetivo de este proyecto es continuar con las mejoras de las condiciones de funcionamiento y operación de los equipos electromecánicos de las fuentes de abastecimiento y cárcamos de bombeo, lo que contribuirá directamente en la reducción de los costos por consumo de energía eléctrica.

Específicamente, el programa consiste en el mejoramiento de eficiencias en los consumos de energía en los sistemas de producción (pozos profundos) y equipos instalados en plantas de bombeo, sustituyendo para ello los equipos de bombeo actuales por otros que superen los parámetros consignados en la Norma Oficial Mexicana; instalando en las captaciones donde se requiera equipos eléctricos y electrónicos periféricos con la finalidad de obtener un mejoramiento adicional a la eficiencia operacional de producción, y llevar a cabo gestiones ante la Comisión Federal de Electricidad (CFE) con la finalidad de eliminar o modificar algún cargo que permita en consecuencia reducir los egresos del organismo por concepto de pago de energía eléctrica.

Con un costo estimado de \$270,070 y un periodo de ejecución de un año, el beneficio esperado del proyecto es reducir el consumo anual de energía, trayendo como consecuencia la disminución del 2% en el gasto en energía eléctrica.

Tuxla Gutierrez

Proyecto 1: Rehabilitación y mejoras en eficiencias de los equipos electromecánicos

El objetivo del proyecto es aumentar la eficiencia electromecánica y tener la disponibilidad de otorgar el caudal requerido en función de las necesidades de dotación, así como poder operar las fuentes según las necesidades de operación.

El costo estimado para el proyecto es de \$4,563,163, con un periodo de ejecución de tres años.

Como beneficios de la rehabilitación y mejoras en eficiencias de todos los equipos electromecánicos de las captaciones y re bombeos se espera reducir en un 10% el gasto por concepto de mantenimiento y un 13% el gasto en energía eléctrica.

Proyecto 2: Automatización del bombeo

El objetivo del proyecto es reducir los paros-arranques continuos que se reflejan en el incremento del costo operativo y derrames de agua. A su vez se planea dar un mantenimiento efectivo y programado de los equipos electromecánicos una vez rehabilitados para reducir los costos de operación e incrementar la eficiencia operativa.

Con un costo estimado de \$1,210,608 y un periodo de ejecución de dos años, como resultado de la automatización del bombeo, se espera reducir en un 7% el gasto en energía eléctrica.

2. Inversiones y Otros Costos

Los costos de inversión mostrados en el Cuadro 27 a continuación son los costos actualizados al año 2015 a precios de mercado. Los costos de inversión incluyen los costos directos de las obras, así como los indirectos de administración, diseño, supervisión y contingencias.

Cuadro 27: Costos de inversión (en US\$)

Municipio/Proyecto	Inversión total (US\$)
1. Atlacomulco	\$694,402
Proyecto 1	\$126,512
Proyecto 2	\$102,303
Proyecto 3	\$91,305
Proyecto 4	\$106,663
Proyecto 5	\$267,620
2. Tenango del Valle	\$405,939
Proyecto 1	\$68,657
Proyecto 2	\$37,550
Proyecto 3	\$29,480
Proyecto 4	\$41,129
Proyecto 5	\$229,122
3. Metepec	\$2,069,906
Proyecto 1	\$711,234
Proyecto 2	\$114,743
Proyecto 3	\$759,335
Proyecto 4	\$119,634
Proyecto 5	\$364,960
4. Torreón	\$9,869,231
Proyecto 1	\$7,193,346
Proyecto 2	\$2,405,815
Proyecto 3	\$270,070
5. Tuxla Gutierrez	\$5,773,771
Proyecto 1	\$4,563,163
Proyecto 2	\$1,210,608

El Cuadro 28 a continuación, presenta el cronograma de costos de inversión por año de implementación.

Cuadro 28: Costos de inversión por año (en US\$)

Municipio/Proyecto	2016	2017	2018	2019	Inversión total (US\$)
1. Atlacomulco					\$694,402
Proyecto 1	\$91,109	\$11,801	\$11,801	\$11,801	\$126,512
Proyecto 2	\$66,510	\$35,793			\$102,303
Proyecto 3	\$45,652	\$45,652			\$91,305
Proyecto 4	\$80,046	\$26,617			\$106,663
Proyecto 5	\$240,858	\$26,762			\$267,620
2. Tenango del Valle					\$405,939
Proyecto 1	\$68,657				\$68,657
Proyecto 2	\$27,463	\$10,087			\$37,550
Proyecto 3	\$14,740	\$14,740			\$29,480
Proyecto 4	\$27,528	\$13,601			\$41,129
Proyecto 5	\$200,482	\$28,640			\$229,122
3. Metepec					\$2,069,906
Proyecto 1	\$350,361	\$120,291	\$120,291	\$120,291	\$711,234
Proyecto 2	\$74,598	\$40,146			\$114,743
Proyecto 3	\$379,668	\$379,668			\$759,335
Proyecto 4	\$89,780	\$29,854			\$119,634
Proyecto 5	\$328,464	\$36,496			\$364,960
4. Torreón					\$9,869,231
Proyecto 1	\$2,877,338	\$2,877,338	\$1,438,669		\$7,193,346
Proyecto 2	\$2,405,815				\$2,405,815
Proyecto 3	\$270,070				\$270,070
5. Tuxla Gutierrez					\$5,773,771
Proyecto 1	\$1,848,780	\$1,527,980	\$1,186,402		\$4,563,163
Proyecto 2	\$603,607	\$607,001			\$1,210,608

A los fines de convertir los costos de inversión de precios de mercado a precios sociales, se desagregaron los costos en materiales y equipos nacionales, materiales y equipos importados, mano de obra calificada y mano de obra no calificada. Esta desagregación se presenta en el Cuadro 29 a continuación.

Cuadro 29: Costos de inversión por insumo económico (en US\$)

Municipio/Proyecto	Maquinaria de origen nacional	Maquinaria de origen importado	Materiales de origen nacional	Materiales de origen importado	Mano de obra calificada	Mano de obra no calificada
1. Atlacomulco						
Proyecto 1	\$37,954	\$12,651	\$25,302	\$6,326	\$12,651	\$31,628
Proyecto 2	\$30,691	\$10,230	\$20,461	\$5,115	\$10,230	\$25,576

Proyecto 3	\$27,391	\$9,130	\$18,261	\$4,565	\$9,130	\$22,826
Proyecto 4	\$31,999	\$10,666	\$21,333	\$5,333	\$10,666	\$26,666
Proyecto 5	\$80,286	\$26,762	\$53,524	\$13,381	\$26,762	\$66,905
2. Tenango del Valle						
Proyecto 1	\$20,597	\$6,866	\$13,731	\$3,433	\$6,866	\$17,164
Proyecto 2	\$11,265	\$3,755	\$7,510	\$1,878	\$3,755	\$9,388
Proyecto 3	\$8,844	\$2,948	\$5,896	\$1,474	\$2,948	\$7,370
Proyecto 4	\$12,339	\$4,113	\$8,226	\$2,056	\$4,113	\$10,282
Proyecto 5	\$68,737	\$22,912	\$45,824	\$11,456	\$22,912	\$57,281
3. Metepec						
Proyecto 1	\$213,370	\$71,123	\$142,247	\$35,562	\$71,123	\$177,808
Proyecto 2	\$34,423	\$11,474	\$22,949	\$5,737	\$11,474	\$28,686
Proyecto 3	\$227,801	\$75,934	\$151,867	\$37,967	\$75,934	\$189,834
Proyecto 4	\$35,890	\$11,963	\$23,927	\$5,982	\$11,963	\$29,908
Proyecto 5	\$109,488	\$36,496	\$72,992	\$18,248	\$36,496	\$91,240
4. Torreón						
Proyecto 1	\$2,158,004	\$719,335	\$1,438,669	\$359,667	\$719,335	\$1,798,336
Proyecto 2	\$721,745	\$240,582	\$481,163	\$120,291	\$240,582	\$601,454
Proyecto 3	\$81,021	\$27,007	\$54,014	\$13,504	\$27,007	\$67,518
5. Tuxla Gutierrez						
Proyecto 1	\$1,368,949	\$456,316	\$912,633	\$228,158	\$456,316	\$1,140,791
Proyecto 2	\$363,182	\$121,061	\$242,122	\$60,530	\$121,061	\$302,652

A partir de dicha información se aplicaron los factores de conversión incluidos en la sección III.2. Tomando en cuenta la composición de costos de cada categoría de gasto, se obtiene que la aplicación de los factores de conversión para eliminar impuestos indirectos (Impuesto al Valor Agregado y aranceles) y otras distorsiones en el mercado laboral, hace que a precios de cuenta la inversión total alcance a aproximadamente un 80% del valor a precios de mercado. Dicha información se presenta en el Cuadro 30.

Cuadro 30: Costos de inversión a precios sociales

Municipio/Proyecto	Inversión total a precios de mercado (US\$)	Inversión total a precios sociales (US\$)
1. Atlacomulco		
Proyecto 1	\$126,512	\$99,981
Proyecto 2	\$102,303	\$80,849
Proyecto 3	\$91,305	\$72,157
Proyecto 4	\$106,663	\$84,294
Proyecto 5	\$267,620	\$211,497
2. Tenango del Valle		

Proyecto 1	\$68,657	\$54,259
Proyecto 2	\$37,550	\$29,675
Proyecto 3	\$29,480	\$23,298
Proyecto 4	\$41,129	\$32,504
Proyecto 5	\$229,122	\$181,072
3. Metepec		
Proyecto 1	\$711,234	\$562,079
Proyecto 2	\$114,743	\$90,680
Proyecto 3	\$759,335	\$600,093
Proyecto 4	\$119,634	\$94,545
Proyecto 5	\$364,960	\$288,423
4. Torreón		
Proyecto 1	\$7,193,346	\$5,684,811
Proyecto 2	\$2,405,815	\$1,901,286
Proyecto 3	\$270,070	\$213,433
5. Tuxla Gutierrez		
Proyecto 1	\$4,563,163	\$3,606,211
Proyecto 2	\$1,210,608	\$956,729

El Cuadro 31 presenta información relativa a los costos anuales de O&M de cada proyecto. En todos los casos los costos incrementales de O&M fueron obtenidos de los correspondientes estudios de proyecto.

Cuadro 31: Costos de Operación y Mantenimiento

Municipio/Proyecto	Costos O&M (US\$/año)
1. Atlacomulco	
Proyecto 1	\$3,795
Proyecto 2	\$5,115
Proyecto 3	\$2,739
Proyecto 4	\$5,333
Proyecto 5	\$13,381
2. Tenango del Valle	
Proyecto 1	\$2,060
Proyecto 2	\$1,878
Proyecto 3	\$884
Proyecto 4	\$2,056
Proyecto 5	\$11,456
3. Metepec	
Proyecto 1	\$21,337
Proyecto 2	\$5,737
Proyecto 3	\$18,983

Proyecto 4	\$5,982
Proyecto 5	\$18,248
4. Torreón	
Proyecto 1	\$215,800
Proyecto 2	\$120,291
Proyecto 3	\$8,102
5. Tuxla Gutierrez	
Proyecto 1	\$136,895
Proyecto 2	\$60,530

Estos costos fueron expresados a precios sociales utilizando el factor de conversión promedio para la inversión inicial.

El Cuadro 32 presenta el valor presente de los costos de inversión y de O&M para cada proyecto aplicando una tasa de descuento del 12%.

Cuadro 32: Valor presente de los costos totales a precios de mercado

Municipio/Proyecto	Valor presente de la inversión (US\$)	Valor presente de los costos de O&M (US\$)	Valor presente de los costos totales (US\$)
1. Atlacomulco			
Proyecto 1	84,288	19,415	101,622
Proyecto 2	69,480	26,166	92,843
Proyecto 3	60,974	14,012	73,485
Proyecto 4	73,251	27,282	97,609
Proyecto 5	186,813	68,450	247,929
2. Tenango del Valle			
Proyecto 1	48,446	10,536	57,853
Proyecto 2	25,733	9,604	34,309
Proyecto 3	19,687	4,524	23,727
Proyecto 4	27,993	10,520	37,386
Proyecto 5	159,507	58,603	211,831
3. Metepec			
Proyecto 1	451,085	109,149	548,539
Proyecto 2	77,929	29,348	104,133
Proyecto 3	507,094	97,109	593,799
Proyecto 4	82,158	30,599	109,479
Proyecto 5	254,762	93,347	338,107
4. Torreón			
Proyecto 1	4,652,316	1,103,920	5,637,959
Proyecto 2	1,697,577	615,344	2,246,990

Proyecto 3	190,565	41,446	227,571
5. Tuxla Gutierrez			
Proyecto 1	2,934,536	700,281	3,559,787
Proyecto 2	808,332	309,641	1,084,797

3. Beneficiarios y Beneficios

El impacto principal de los proyectos generales de eficiencia que se analizaron es reducir los costos de producción. Más concretamente, el beneficio esperado específico para cada uno de los proyectos analizados fue presentado en la sección V.1, pero se resumen en el cuadro a continuación.

Cuadro 33: Beneficios esperados de los proyectos

Municipio/Proyecto	Beneficio esperado
1. Atlacomulco	
Proyecto 1	15% del costo anual en operación en energía eléctrica, combustible y personal
Proyecto 2	5% del costo anual en operación en energía eléctrica, combustible y personal
Proyecto 3	7% del costo anual en operación en energía eléctrica, combustible y personal
Proyecto 4	5% del costo anual en operación en energía eléctrica, combustible y personal
Proyecto 5	8% del costo anual en operación en energía eléctrica, combustible y personal
2. Tenango del Valle	
Proyecto 1	18% del costo directo anual en operación en energía eléctrica, combustible y personal
Proyecto 2	5% del costo directo anual en operación en energía eléctrica, combustible y personal
Proyecto 3	10% del costo directo anual en operación en energía eléctrica, combustible y personal
Proyecto 4	6% del costo anual de producción
Proyecto 5	10% del costo anual de producción

3. Metepec	
Proyecto 1	15% del costo directo anual en operación en energía eléctrica, combustible y personal
Proyecto 2	2% del costo directo anual en operación en energía eléctrica, combustible y personal
Proyecto 3	7% del costo anual en operación en energía eléctrica, combustible y personal
Proyecto 4	5% del costo anual en operación en energía eléctrica, combustible y personal
Proyecto 5	3% del costo anual en operación en energía eléctrica, combustible y personal
4. Torreón	
Proyecto 1	3% del costo directo anual en operación en energía eléctrica, combustible y personal
Proyecto 2	2% del costo directo anual en operación en energía eléctrica, combustible y personal
Proyecto 3	2% del costo anual en energía eléctrica
5. Tuxla Gutierrez	
Proyecto 1	10% del costo anual en mantenimiento y 13% del costo anual en energía eléctrica
Proyecto 2	7% del costo anual en energía eléctrica

Al igual que en los proyectos de ANC y de instalación de micro medidores y tal como surge del cuadro anterior, es necesario contar con una estimación del costo económico de la producción de agua, ya sea de personal, energía, combustibles, como el costo agregado.

Al igual que en los casos anteriores, los costos de producción se estimaron utilizando datos sobre costos de administración, operación y mantenimiento proporcionadas por los OO. Como también se mencionó anteriormente, en general la tarifa pagada por los OO para la electricidad es inferior al costo económico de la energía, por lo que este es un análisis conservador. En el cuadro siguiente se presentan los correspondientes costos de producción.

Cuadro 33: Costos de producción (en US\$/año)

Municipio/Proyecto	Descripción	Costo de producción (US\$/año)
1. Atlacomulco		

Proyecto 1	Costo de operación en energía eléctrica, combustible y personal	1,712,644
Proyecto 2	Costo de operación en energía eléctrica, combustible y personal	1,712,644
Proyecto 3	Costo de operación en energía eléctrica, combustible y personal	1,712,644
Proyecto 4	Costo de operación en energía eléctrica, combustible y personal	1,712,644
Proyecto 5	Costo de operación en energía eléctrica, combustible y personal	1,712,644
2. Tenango del Valle		
Proyecto 1	Costo directo anual en operación en energía eléctrica, combustible y personal	271,552
Proyecto 2	Costo directo anual en operación en energía eléctrica, combustible y personal	271,552
Proyecto 3	Costo directo anual en operación en energía eléctrica, combustible y personal	271,552
Proyecto 4	Costo anual de producción	416,044
Proyecto 5	Costo anual de producción	416,044
3. Metepec		
Proyecto 1	Costo directo anual en operación en energía eléctrica, combustible y personal	4,513,786
Proyecto 2	Costo directo anual en operación en energía eléctrica, combustible y personal	4,513,786
Proyecto 3	Costo directo anual en operación en energía eléctrica, combustible y personal	4,513,786
Proyecto 4	Costo directo anual en operación en energía eléctrica, combustible y personal	4,513,786
Proyecto 5	Costo directo anual en operación en energía eléctrica, combustible y personal	4,513,786
4. Torreón		
Proyecto 1	Costo directo anual en operación en energía eléctrica, combustible y	32,973,058

	personal	
Proyecto 2	Costo directo anual en operación en energía eléctrica, combustible y personal	32,973,058
Proyecto 3	Costo anual en energía eléctrica	6,864,164
5. Tuxla Gutierrez		
Proyecto 1	Costo anual en mantenimiento y costo anual en energía eléctrica	3,503,432 7,795,819
Proyecto 2	Costo anual en energía eléctrica	7,795,819

Los costos de producción presentados fueron convertidos a precios sociales utilizando el factor de conversión estándar, y este es el valor que se utiliza para obtener el ahorro de costos debido a cada uno de los proyectos. En el cuadro a continuación presenta la información sobre los costos de producción anuales que en cada caso se estarían ahorrando como consecuencia de la implementación del proyecto.

Cuadro 34: Ahorro en costos de producción (en US\$/año)

Municipio/Proyecto	Ahorro en costos de producción (US\$/año)
1. Atlacomulco	
Proyecto 1	\$237,153
Proyecto 2	\$79,051
Proyecto 3	\$110,672
Proyecto 4	\$79,051
Proyecto 5	\$126,482
2. Tenango del Valle	
Proyecto 1	\$45,123
Proyecto 2	\$12,534
Proyecto 3	\$25,068
Proyecto 4	\$23,044
Proyecto 5	\$38,407
3. Metepec	
Proyecto 1	\$625,034
Proyecto 2	\$83,338
Proyecto 3	\$291,682
Proyecto 4	\$208,345
Proyecto 5	\$125,007
4. Torreón	
Proyecto 1	\$913,170
Proyecto 2	\$608,780

Proyecto 3	\$126,733
5. Tuxla Gutierrez	
Proyecto 1	\$1,258,988
Proyecto 2	\$503,768

Los supuestos adicionales involucrados en el cálculo de los beneficios de los proyectos fueron:

- El horizonte de análisis es de 20 años.
- La unidad monetaria utilizada es dólares norteamericanos de agosto de 2015, aplicándose el tipo de cambio de M\$16.4 por US\$, correspondiente a la fecha mencionada.
- La tasa de descuento es de 12% para establecer los valores presentes de los flujos.

El Cuadro 35 muestra los resultados finales del cálculo de beneficios de estos proyectos, los que varían desde un mínimo de US\$82.000 en la ciudad de Tenango del Valle, a un máximo de US\$8.3 millones en la ciudad de Tuxla, que corresponde a un ambicioso plan de aumento de eficiencias electromecánicas en un OO que provee servicios en una ciudad de más de 500 mil habitantes.

Cuadro 35: Resultado del cálculo de beneficios

Municipio/Proyecto	VP Beneficios (US\$)
1. Atlacomulco	
Proyecto 1	1,559,660
Proyecto 2	519,887
Proyecto 3	727,842
Proyecto 4	519,887
Proyecto 5	831,819
2. Tenango del Valle	
Proyecto 1	296,755
Proyecto 2	82,432
Proyecto 3	164,864
Proyecto 4	151,552
Proyecto 5	252,587
3. Metepec	
Proyecto 1	4,110,588
Proyecto 2	548,078
Proyecto 3	1,918,274
Proyecto 4	1,370,196
Proyecto 5	822,118
4. Torreón	
Proyecto 1	6,005,541
Proyecto 2	4,003,694

Proyecto 3	833,469
5. Tuxla Gutierrez	
Proyecto 1	8,279,846
Proyecto 2	3,313,076

4. Resultados de Rentabilidad

Los resultados de las evaluaciones de los 20 proyectos de eficiencia se presentan en el siguiente cuadro. Estos muestran que los 20 proyectos estudiados presentan VPN positivos al 12%, con TIRE que varían entre 13.5% en un proyecto en Torreón y 315.6% para un proyecto en Atlacomulco.

Cuadro 36: Resultados de rentabilidad de los proyectos

Municipio/Proyecto	VPN (US\$)	TIRE (%)	Relación Beneficio-Costo
1. Atlacomulco			
Proyecto 1	1,458,038	315.6%	15.35
Proyecto 2	427,044	117.8%	5.60
Proyecto 3	654,356	234.8%	9.90
Proyecto 4	422,278	104.7%	5.33
Proyecto 5	583,889	58.8%	3.36
2. Tenango del Valle			
Proyecto 1	238,902	81.5%	5.13
Proyecto 2	48,123	42.0%	2.40
Proyecto 3	141,137	152.4%	6.95
Proyecto 4	114,166	79.8%	4.05
Proyecto 5	211,831	16.3%	1.19
3. Metepec			
Proyecto 1	3,562,049	190.7%	7.49
Proyecto 2	443,945	109.6%	5.26
Proyecto 3	1,324,476	57.5%	3.23
Proyecto 4	1,260,717	267.6%	12.52
Proyecto 5	484,010	40.9%	2.43
4. Torreón			
Proyecto 1	367,583	13.5%	1.07
Proyecto 2	1,756,704	27.9%	1.78
Proyecto 3	605,898	57.5%	3.66
5. Tuxla Gutierrez			
Proyecto 1	4,720,059	42.7%	2.33

Proyecto 2	2,228,279	61.2%	3.05
------------	-----------	-------	------

5. Análisis de Sensibilidad

Dadas las incertidumbres existentes sobre los algunos de los supuestos y parámetros del análisis se presenta en esta sección un análisis de sensibilidad de la rentabilidad de cada proyecto.

Los supuestos básicos para el análisis son los siguientes:

- La inversión de cada proyecto puede presentar una variación de +20% de los valores base.
- Los costos incrementales de O&M varían en +50% de los valores base.
- El costo de producción ahorrado podría variar en -20% de los valores base⁷.

El siguiente cuadro muestra los resultados principales del análisis de sensibilidad sobre la TIRE.

Cuadro 37: Resumen análisis de sensibilidad – TIRE de los proyectos (%)

Municipio	Valor base	Costos de inversión (+20)	Costos de O&M (+50%)	Ahorro costo de producción (-20%)
1. Atlacomulco				
Proyecto 1	315.6%	260.8%	315.1%	249.7%
Proyecto 2	117.8%	95.7%	116.1%	90.7%
Proyecto 3	234.8%	188.6%	234.0%	179.1%
Proyecto 4	104.7%	85.8%	103.2%	81.4%
Proyecto 5	58.8%	48.6%	57.1%	45.8%
2. Tenango del Valle				
Proyecto 1	81.5%	67.8%	80.7%	64.7%
Proyecto 2	42.0%	34.3%	39.9%	31.9%
Proyecto 3	152.4%	122.1%	151.4%	115.7%
Proyecto 4	79.8%	65.0%	78.0%	61.3%
Proyecto 5	16.3%	12.8%	13.6%	10.9%
3. Metepec				
Proyecto 1	190.7%	153.9%	189.7%	146.1%
Proyecto 2	109.6%	89.1%	107.9%	84.3%
Proyecto 3	57.5%	46.4%	56.4%	43.8%

I.

⁷ La selección de valores para el análisis de sensibilidad se basa en la práctica estándar para este tipo de proyectos. El BID está trabajando actualmente en una revisión de los costos finales de la ejecución de proyectos de infraestructura (“Modelo para la estimación y seguimiento del costo final de un programa de infraestructura”, BID, 2015, primer borrador).

Proyecto 4	267.6%	220.1%	266.7%	210.2%
Proyecto 5	40.9%	33.7%	39.0%	31.5%
4. Torreón				
Proyecto 1	13.5%	10.1%	11.5%	8.5%
Proyecto 2	27.9%	22.8%	25.7%	20.9%
Proyecto 3	57.5%	47.8%	56.5%	45.4%
5. Tuxla Gutierrez				
Proyecto 1	42.7%	33.9%	40.9%	31.5%
Proyecto 2	61.2%	49.2%	58.9%	45.9%

Los resultados anteriores muestran que ante cambios en los supuestos y parámetros en las magnitudes indicadas, se mantendría una elevada certeza de rentabilidad en los proyectos analizados, excepto en el caso del proyecto 1 de Torreón (sustitución de tomas domiciliarias y rehabilitación de redes de distribución), que dejaría de ser rentable bajo los tres de los escenarios analizados.

VI. Estructura Tarifaria e Ingreso de la Población

La estructura tarifaria vigente en cada OO analizado se muestra en el cuadro siguiente. En aquellos OO donde no existe una tarifa social, a los efectos de determinar el impacto de la tarifa en los consumidores de bajos ingresos, se considera la tarifa vigente para un consumo de 10 m³/hogar/mes (últimas dos columnas del cuadro 38).

Cuadro 38: Estructura tarifaria para el servicio de agua potable por O.O.

Municipio	Organismo Operador	Cargo fijo (US\$)	Tarifa promedio ¹ (US\$/m ³)	Cargo fijo social (US\$)	Tarifa social (US\$/m ³)	Cargo fijo consumo mínimo ² (US\$)	Tarifa variable consumo mínimo (US\$/m ³)
1. La Paz	SAPA	-	0.43	-	-	-	0.38
2. Atlacomulco	ODAPAS	11.9	0.80	7.84	-		
3. Tenango del Valle	OPDAPAS	9.9	0.69	7.04	-		
4. Metepec	APAS	5.6	0.41	8.68	-		
5. Torreón	SIMAS	-	0.62	-	-	4.56	-
6. Tuxla Gutierrez	SMAPA	-	0.56	2.93	-		

1. Se considera tarifa promedio a aquella que corresponde al consumo mensual medido promedio por hogar.

2. Se considera como consumo mínimo 10 m³/hogar/mes.

Los datos de ingreso de la población fueron obtenidos del Módulo de Condiciones Socioeconómicas de la Encuesta Nacional de Gastos e Ingresos de los Hogares realizada por el INEGI en el año 2010. Los ingresos fueron actualizados a setiembre de 2015 por el incremento del IPC calculado por el INEGI. Si bien estos datos se encuentran a nivel de Estado, estos corresponden a localidades de más de 2.500 habitantes, por lo que se considera que estos representan una buena aproximación del nivel de ingresos a nivel municipal. Los datos se presentan en el cuadro a continuación.

Cuadro 39: Ingreso Promedio por Hogar

Municipio	Estado	Ingreso promedio por hogar (US\$/mes)	Ingreso promedio por hogar quintil más pobre (US\$/mes)
1. La Paz	Baja California Sur	\$1,178	\$286
2. Atlacomulco	Estado de Mexico	\$957	\$256
3. Tenango del Valle	Estado de Mexico	\$957	\$256
4. Metepec	Estado de Mexico	\$957	\$256
5. Torreón	Coahuila	\$1,013	\$234
6. Tuxla Gutierrez	Chiapas	\$452	\$101

El cuadro a continuación muestra el pago promedio que realizan los usuarios residenciales por agua potable y el pago promedio que realizan aquellos que pagan una tarifa social o la correspondiente al estrato más bajo de consumo. Para cada caso, los datos fueron obtenidos asumiendo el consumo promedio medido por mes por hogar en hogares categorizados como no-pobres correspondiente a cada OO⁸ y un consumo de 10 m3 por mes por hogar en hogares categorizados como pobres en aquellos OO donde no existe una tarifa social fija. Para los hogares no pobres se asume la aplicación de la tarifa domiciliar, mientras que para los hogares pobres se asume el pago de la tarifa subsidiada. El cuadro también incluye la participación del monto a pagar por el servicio de agua en el ingreso mensual promedio tanto de un hogar promedio como de los hogares pobres.

Cuadro 40: Monto a Pagar por Agua Potable y Relación con el Ingreso de los Hogares

I. _____

⁸ Los consumos mensuales promedio por hogar son los siguientes: 17 m3 para La Paz, 19.7 m3 para Atlacomulco, 20 m3 para Tenango del Valle, 20 m3 para Metepec, 20.8 para Torreón, y 17.3 para Tuxla Gutierrez.

Municipio	Gasto promedio mensual por hogar (US\$/mes)	Gasto promedio mensual por hogar quintil más pobre (US\$/mes)	Gasto/Ingreso promedio (%)	Gasto/Ingreso promedio quintil más pobre (%)
1. La Paz	7.24	6.81	0.6	2.4
2. Atlacomulco	27.63	7.84	2.9	3.1
3. Tenango del Valle	23.65	7.04	2.5	2.7
4. Metepec	14.09	8.68	1.5	3.4
5. Torreón	12.97	4.56	1.3	0.2
6. Tuxla Gutierrez	9.77	2.93	2.2	1.3

Como se observa en el cuadro, los montos de pago por el servicio de agua representan aproximadamente entre un 0.6% y 2.9% del ingreso familiar mensual promedio para un hogar promedio, y entre un 0,2% y 3.4% del ingreso familiar mensual promedio para los hogares ubicados en el quintil de ingreso más bajo. Según los estándares internacionales, la tarifa que se cobra a los usuarios de agua potable no debiera exceder el 3% del ingreso familiar mensual promedio. Este valor en principio se verificaría en todos los casos, con la excepción de Atlacomulco y Metepec para los usuarios en el quintil más bajo, los cuales están marginalmente por encima de dicho valor y por lo tanto se considera aceptable.