

Acciones para contribuir en mejorar los servicios de 4 organismos operadores, ribereños del Lago de Pátzcuaro, Michoacán. México.

Antúñez-Leyva, E.⁽¹⁾; Casados-Prior, J.A.⁽²⁾; Gómez-Lugo, L.⁽³⁾ y Hansen-Rodríguez, M.P.⁽⁴⁾

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Coordinación de Hidráulica, Subcoordinación de Hidráulica Urbana. Paseo Cuauhnáhuac 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Morelos, 62550, México. E-mail: 1eantunez@tlaloc.imta.mx; 2jorgecasados@tlaloc.imta.mx; 3lgomez@tlaloc.imta.mx y 4phansen@tlaloc.imta.mx.

Línea temática M | Tema monográfico.

RESUMEN

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua realizó el presente trabajo con recursos de la Fundación Gonzalo Río Arronte, en el Marco del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro (etapa IV 2014-2018), el objetivo del presente trabajo fue determinar de manera conjunta con los 4 organismos operadores ribereños, las acciones específicas para contribuir en mejorar los servicios de agua potable y drenaje que brindan, a fin de reducir la contaminación del Lago de Pátzcuaro. El impacto social es de gran relevancia puesto que se están atendiendo problemas de salud debido a falta de infraestructura hidráulica, se ha logrado en el corto plazo rehabilitar tanques, suministrar equipo y herramienta, elaborar proyectos ejecutivos, realizar diagnóstico del área comercial por organismo operador como palanca hacia la sustentabilidad y autonomía de los 4 organismos, de manera que cuenten con ingresos propios suficientes para operar y mantener adecuadamente la infraestructura.

Palabras clave | acciones de mejora, Lago de Pátzcuaro, organismo operador, infraestructura hidráulica.

INTRODUCCIÓN

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) realizó el presente trabajo con recursos de la Fundación Gonzalo Río Arronte I. A. P. (FGRA) en el Marco del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro (etapa IV 2014-2018), el alcance del presente trabajo fue determinar de manera conjunta con los 4 Organismos Operadores de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento ribereños (OOAPAS), las acciones específicas para contribuir en mejorar los servicios de agua potable y drenaje, a fin de reducir la contaminación del Lago de Pátzcuaro, cuerpo de agua emblemático del estado de Michoacán. Como resultados esperados identificación de acciones que mitiguen la problemática en las siguientes líneas de acción: 1. Disminución de descargas de agua residuales al Lago de Pátzcuaro; 2. Protección a la comunidad por daño de inundación y evitar contaminación al Lago, reducir el volumen de azolve al Lago; 3. Acceso al servicio de agua potable a la población urbana y 4. Consolidación de los Organismos Operadores ribereños.

En México los OOAPAS son las entidades encargadas de prestar los servicios Municipales de agua potable, alcantarillado y saneamiento a la población, sin embargo, no es tarea fácil dado el constante crecimiento demográfico y la demanda de los servicios, por ello los organismos operadores se ven minimizados en infraestructura y capacidad operativa, y en algunos casos los ingresos que obtienen por la prestación del servicio sólo alcanza para mantener la infraestructura existente de agua potable, alcantarillado y saneamiento, más no para ampliación de la misma o ejecución de acciones preventivas y de concientización ciudadana de no contaminar los cuerpos de agua, incluidos los arroyos que actualmente se utiliza como colectores de aguas residuales, como caso particular se presenta lo sucedido en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Cabe hacer mención que el Lago de Pátzcuaro está rodeado por los Municipios de Quiroga, Erongarícuaro, Pátzcuaro y Tzintzuntzan quienes son los responsables directos del cuidado del Lago.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación geográfica de la Cuenca del lago de Pátzcuaro

La cuenca del lago de Pátzcuaro se localiza en el estado de Michoacán, México. Es una cuenca cerrada con una superficie de 929 km², se desarrolla desde los 2,035 hasta los 3,300 msnm, con una elevación promedio de 2,369 msnm. La precipitación media es de 775 mm, mientras que la evaporación es de 1,393 mm. Cuenta con un lago interior de 126.4 km² como se muestra en la Figura 1, el cual tiene una profundidad promedio de 4.9 m y almacena 619.4 Hm³. Ocho municipios conforman la cuenca, su población aproximada es de 200,000 habitantes y su economía depende fundamentalmente del turismo, la explotación forestal, la pesca, las artesanías y recientemente de las remesas que le llegan de sus migrantes que trabajan en los Estados Unidos. Por su particular belleza y sus antecedentes históricos, los cuales se remontan a épocas prehispánicas, es considerada una de las regiones emblemáticas de México.



Figura 1 | Ubicación de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México.

Identificación de la problemática en los OOAPAS ribereños del Lago de Pátzcuaro

Se ha mencionado la problemática que enfrentan los organismos operadores en general en México, los organismos ribereños del Lago de Pátzcuaro no son la excepción. En entrevistas con personal directivo y operacional de los 4 OOAPAS ribereños se identificaron los problemas y se clasificaron, posteriormente se realizaron los recorridos de campo y se jerarquizaron, de ello se acordó que la FGRA/IMTA realizarían la elaboración de proyectos ejecutivos de rehabilitación de agua potable y drenaje, suministros de material hidráulico estratégico, así como de equipo y herramienta menor para apoyo del área de fontanería, ejecución de acciones de rehabilitación en tanques de almacenamiento/distribución, estudios de diagnóstico de infraestructura hidráulica, topografía, geotecnia y análisis de calidad del agua, y finalmente la gestión ante las instancias municipales, estatales y federales para lograr los recursos económicos y ejecución de obra hidráulica identificada. A continuación, se enlista la problemática identificada que preocupa a los 4 OOAPAS ribereños:

- a) Líneas de conducción que pasan por predios particulares, construcciones habitacionales y escuelas, poniendo en riesgo a la población en general y al propio personal del OOAPAS, se requiere reubicación de la línea por derecho de vía.

- b) Pérdida de volúmenes de agua que se fuga en 15 tanques de distribución, donde se han invertido recursos como: energía eléctrica, cloro y horas trabajo de operación del personal, además las fugas causan una mala imagen institucional para el organismo operador y el Municipio.
- c) Infraestructura hidráulica en riesgo latente de colapso, por encontrarse situada en puntos vulnerables.
- d) Falta de infraestructura de red de agua potable y de drenaje para evitar focos de contaminación.
- e) Falta de recursos para realizar diagnóstico en 7 pozos profundos a fin de identificar las acciones necesarias para rehabilitación y uso racional de la fuente de abastecimiento.
- f) Rehabilitación de línea de distribución de agua potable y de drenaje por problemas continuos de fugas y por consiguiente problemas de contaminación, esto debido a que ambos servicios comparten la misma zanja en algunos tramos, y sólo una capa de tierra divide ambas infraestructuras.
- g) La baja recaudación de recursos por los servicios que presta el organismo operador, impide programar mantenimiento preventivo de la infraestructura y mucho menos ampliarla, al respecto se trabaja en propuestas de acción sobre los usuarios morosos.
- h) Baja recaudación impide realizar proyectos ejecutivos para mejorar infraestructura, ampliar coberturas de agua potable y alcantarillado (estudios y diagnósticos de infraestructura hidráulica), esto conlleva a una gestión deficiente ante las instancias que promueven los programas de mejoramiento y eficientización de infraestructura.

Acciones realizadas en el periodo 2014-2015 por organismo operador

Durante este período el IMTA y la FGRA realizaron de manera conjunta con los 4 OOAPAS ribereños la identificación de 69 acciones prioritarias entre las que se desprendieron la elaboración de 21 proyectos ejecutivos de rehabilitación y ampliación como primera etapa, rehabilitación de 3 de 15 tanques de agua potable con problemas de fuga, suministros de válvulas limitadoras de caudal (usuarios morosos) para incrementar los ingresos de los OOAPAS (Antúnez, L.E. 2014). A continuación, se mencionan dichas acciones por organismo operador.

PÁTZCUARO

- a) Rehabilitación de dos tanques metálicos elevados de almacenamiento/distribución: FOVISSTE IV e INFONAVIT II de aproximadamente 60 m³ cada uno. (Polímero con refuerzo mecánico, VITROACERO®).
- b) Elaboración de 7 proyectos de rehabilitación y ampliación de agua potable y alcantarillado sanitario.

QUIROGA

- a) Suministro de 1,600 válvulas limitadoras de caudal (usuarios morosos).
- b) Elaboración de 4 proyectos de rehabilitación y ampliación de agua potable.

TZINTZUNTZAN

- a) Suministro de 1,000 válvulas limitadoras de caudal (usuarios morosos).
- b) Elaboración de 7 proyectos de rehabilitación y ampliación de agua potable y alcantarillado sanitario.

ERONGARICUARO

- a) Rehabilitación de Tanque principal (aproximadamente 350 m³) con problemas de fugas de agua. (VITROACERO®).
- b) Elaboración de 3 proyectos de rehabilitación y ampliación de agua potable y alcantarillado sanitario.

En el último cuatrimestre del año 2015 se involucró la participación de los 3 niveles de gobierno y otras instancias al Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro (etapa IV) mediante convenio de colaboración, entre los participantes se encuentran los siguientes:

- a) El gobierno del Estado de Michoacán a través de la Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente (SUMA). Ahora Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Cambio Climático (SEMARNACC).
- b) La Comisión Estatal del Agua y Gestión de Cuencas del Estado de Michoacán (CEAC).
- c) La Comisión Nacional del Agua en Michoacán (CONAGUA).
- d) Los Municipios de Pátzcuaro, Quiroga, Erongarícuaro y Tzintzuntzan.

- e) La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).
- f) La Comisión Forestal del Estado de Michoacán (CONAFOR).
- g) La Comisión de Pesca del Estado de Michoacán (COMPESCA).

Acciones realizadas en el periodo 2016-2017 por organismo operador

En este periodo IMTA/FGRA/4OOAPAS/Municipios/CEAC/CONAGUA/SUMA se concretó mediante convenio de colaboración el pari-passu de aportación de los 3 niveles de gobierno a fin de concretar la ejecución de obra con base a proyectos ejecutivos ya elaborados y validados para mejorar los servicios que presta los 4 OOAPAS. La CEAC y el Municipio de Erongaricuaró aportaron el recurso económico para la ejecución de 2 proyectos de drenaje en el municipio de Erongaricuaró. IMTA/FGRA continuo con la elaboración de proyectos ejecutivos (diagnóstico de infraestructura, topografía, geotecnia y análisis de calidad del agua), diagnóstico del área comercial de cada uno de los 4 organismos, suministro de equipo y herramienta menor para fortalecer el área de fontanería y apoyo dentro de sus lineamientos en la ejecución de acciones de rehabilitación (Antúñez, L.E. et al. 2016). A continuación, se mencionan dichas acciones por organismo operador.

PÁTZCUARO

- a) Suministro de 2,000 válvulas limitadoras de caudal (usuarios morosos).
- b) Diagnóstico del área comercial de PMSAP.
- c) Limpieza y desyerbe de 3 tramo del río Guan, como de sus laderas (2.1 km).
- d) Proyecto ejecutivo del Cambio de la línea de conducción del pozo Huecorio.
- e) Suministro de 1200 micro-medidores domiciliarios.
- f) Seguimiento de la rehabilitación de 5 tanques con problemas de fuga (CEAC/MUNICIPIO).
- g) Seguimiento del proyecto ejecutivo de agua potable de Janitzio / Ejecución del proyecto
- h) Seguimiento del proyecto integral de saneamiento para la zona oriente (Pátzcuaro oriente, Manzanillal, Tzurumutaro y las Trojes / Ejecución del proyecto.

QUIROGA

- a) Suministro de 600 válvulas limitadoras de caudal (usuarios morosos).
- b) Diagnóstico del área comercial del OOAPASQ.
- c) Rehabilitación del pozo #4 (IMTA/MUNICIPIO)
- d) Suministro de Equipo y herramienta menor (ver Figura 2).
- e) Seguimiento de la rehabilitación de 5 tanques con problemas de fuga (CEAC/MUNICIPIO).

TZINTZUNTZAN

- a) Suministro de 200 válvulas limitadoras de caudal (usuarios morosos).
- b) Diagnóstico del área comercial del OOAPAS.
- c) Suministro de herramienta menor (ver Figura 2).
- d) Seguimiento de rehabilitación del tanque de mampostería de almacenamiento/distribución (VITROACERO®).
- e) Seguimiento de elaboración de proyecto integral de saneamiento para las localidades del Tigre, puerto del tigre y Sanambo de los municipios de Tzintzuntzan y Quiroga respectivamente.

ERONGARICUARO

- a) Suministro de 300 válvulas limitadoras de caudal (usuarios morosos).
- b) Diagnóstico del área comercial del CAPAME.
- c) Desazolve de drenaje con camión vector en varios puntos críticos de la cabecera municipal.
- d) Rehabilitación del pozo el Llano (IMTA/MUNICIPIO)
- e) Suministro de herramienta menor (ver Figura 2).
- f) Seguimiento de rehabilitación del tanque de mampostería de almacenamiento/distribución (VITROACERO®).

PROYECTO: ACCIONES DE EFICIENCIA DE LOS OOAPAS RIBEREÑOS CLAVE DEL PROYECTO: HC-1425.4 (PRACLP)						
ESTATUS (MAYO 2017) DE LOS PROYECTOS DE LOS 4 OOAPAS RIBEREÑOS DE LA CUENCA DEL LAGO DE PÁTZCUARO, ETAPA IV 2014-2017						
Año	Localidad	Nombre del proyecto	Costo		Estatus	
			FGRA/IMTA	DEPENDENCIAS		
2014	Pátzcuaro	Rehabilitación de Tanque elevado metálico FOVISSTE de aprox. 60 m ³	\$ 58,573.26		ACCIÓN CONCLUIDA (FGRA/IMTA)	
2014		Rehabilitación de Tanque elevado metálico INFONAVIT de aprox. 60 m ³	\$ 58,573.26		ACCIÓN CONCLUIDA (FGRA/IMTA)	
2015		Rehabilitación de la Red hidráulica Calle Eréndira y anexas de la Col. Vasco de Quiroga.		\$ 585,648.30	ENTREGA IMTA / VALIDA CEAC	
2015		Ampliación de Red hidráulica Calle Prolongación Benigno Serrato, Col. El Cristo.		\$ 656,844.95	ENTREGA IMTA / VALIDA CEAC	
2015		Cambio del trazo de tubería hidráulica Pozo Itz-huriata a cárcamo de bombeo, 8" de diámetro.		\$ 842,018.25	ENTREGA IMTA / VALIDA CEAC	
2015		Rehabilitación de atraques para reforzar la Línea de bombeo del Pozo Huecorio.			SE CAMBIO PROYECTO (2017)	
2015		Colector de 12" de diámetro y atarjeas de la Col. San José.	\$ 158,767.17	\$ 2,663,476.45	ENTREGA IMTA / VALIDA CEAC	
2015		Complementar tramo de tubería hidráulica de 6" de diámetro de la línea del Tanque San José hacia el Tanque los Reyes.		\$ 360,769.27	ENTREGA IMTA / VALIDA CEAC	
2015		Cambio del trazo de tubería 6" de diámetro de la Calle Jacarandas en la Col. Camelinas.		\$ 153,077.19	ENTREGA IMTA / VALIDA CEAC	
2016		Suministro de 2,000 valvulas antifraude (usuarios morosos)	\$ 280,836.00	\$ 500,000.00	ACCIÓN CONCLUIDA (FGRA/IMTA)/ INST. PEND. PMSAP	
2016		Diagnóstico del área comercial de PMSAP	\$ 320,000.00	\$ 27,000,000.00	ACCIÓN CONCLUIDA (FGRA/IMTA)	
2016		Limpieza y deshierbe de 3 tramos del río guan, como de sus laderas (2.1 km)	\$ 406,658.28		ACCIÓN CONCLUIDA (FGRA/IMTA)	
2017		Cambio de la línea de conducción del pozo Huecorio	\$ 110,000.00		IMTA ELABORA PROY. EJECUTIVO	
2017		Suministro de 1,200 micro-medidores domiciliarios	\$ 765,600.00		PENDIENTE FGRA/IMTA (REQUISICIÓN)	
2017		Rehabilitación de Tanque de almacenamiento Los Reyes de aprox. 1600 m ³			CONAGUA/CEAC/MUNICIPIO PMSAP EJECUTO RP	
2017		Rehabilitación de Tanque de almacenamiento El Calvario grande de aprox. 150 m ³			CONAGUA/CEAC/MUNICIPIO	
2017		Rehabilitación de Tanque de almacenamiento Los Nogales de aprox. 50 m ³		\$ 1,600,000.00	CONAGUA/CEAC/MUNICIPIO	
2017		Rehabilitación de Tanque de almacenamiento Linda vista de aprox. 60 m ³			CONAGUA/CEAC/MUNICIPIO	
2017		Rehabilitación de Tanque de almacenamiento La Loma de aprox. 130 m ³			CONAGUA/CEAC/MUNICIPIO	
2017		Rehabilitación de drenaje Plaza Vasco de Quiroga			STAND BY POR EL MUNICIPIO	
2017		Proyecto ejecutivo de agua potable de Janitzio / Ejecución del proyecto			CEAC	
2017		Proyecto integral de saneamiento para la zona oriente (Pátzcuaro oriente, manzanilla, Tzurumutaro y las Trojes / Ejecución del proyecto			CEAC	
SUBTOTAL			\$ 2,159,007.97	\$ 34,361,834.41		
2014	Quiroga	Suministro de 1,600 valvulas antifraude (usuarios morosos)	\$ 150,850.00	\$ 400,000.00	ACCIÓN CONCLUIDA (FGRA/IMTA) / OOAPASQ	
2015		Línea de conducción de 8" de PVC del manantial Las Palmas	\$ 41,721.68	\$ 2,243,731.98	ENTREGAR OOAPASQ / VALIDAR CEAC	
2015		Rehabilitación del Pozo No. 1		\$ 526,440.34	VALIDADO POR CEAC	
2015		Rehabilitación del Pozo No. 2	\$ 141,636.00	\$ 708,292.24	VALIDADO POR CEAC	
2015		Rehabilitación del Pozo No. 3		\$ 709,163.68	VALIDADO POR CEAC	
2016		Suministro de 600 valvulas antifraude (usuarios morosos)	\$ 84,250.80	\$ 150,000.00	ACCIÓN CONCLUIDA (FGRA/IMTA) / OOAPASQ	
2016		Diagnóstico del área comercial del OOAPASQ	\$ 280,000.00	\$ 3,120,000.00	ACCIÓN CONCLUIDA (FGRA/IMTA)	
2017		Rehabilitación del pozo #4 (IMTA/MUNICIPIO)	\$ 300,000.00	\$ 300,000.00	FGRA/IMTA DIAGNÓSTICO MPIO EQUIPAMIENTO	
2017		Suministro Cámara de video-inspección para tuberías de drenaje	\$ 2,495,682.00		PENDIENTE FGRA/IMTA (REQUISICIÓN)	
2017		Suministro Localizador de tuberías y cables	\$ 252,306.96		PENDIENTE FGRA/IMTA (REQUISICIÓN)	
2017		Suministro Cortadora de concreto/pavimento	\$ 44,660.00		PENDIENTE FGRA/IMTA (REQUISICIÓN)	
2017		Suministro Martillo demoledor	\$ 63,800.00		PENDIENTE FGRA/IMTA (REQUISICIÓN)	
2017		Rehabilitación de Tanque de almacenamiento ICATMI de aprox. 330 m ³			CONAGUA/CEAC/MUNICIPIO OOAPASQ EJECUTO RP	
2017		Rehabilitación de Tanque de almacenamiento Calvario viejo de aprox. 320 m ³			CONAGUA/CEAC/MUNICIPIO	
2017		Rehabilitación de Tanque de almacenamiento Antenas de aprox. 290 m ³		\$ 2,000,000.00	CONAGUA/CEAC/MUNICIPIO	
2017		Rehabilitación de Tanque de almacenamiento Calvario Nuevo de aprox. 280 m ³			CONAGUA/CEAC/MUNICIPIO	
2017		Rehabilitación de Tanque de almacenamiento Unidad Deportiva de aprox. 250 m ³			CONAGUA/CEAC/MUNICIPIO	
2017		Elaborar proyectos ejecutivos (5)			VER No. 32 LOS RESTANTES 4 CANCELO MPIO.	
SUBTOTAL			\$ 3,854,907.43	\$ 10,157,628.24		
2014	Tzintzuntzan	Suministro de 1,000 valvulas antifraude (usuarios morosos)	\$ 94,281.20	\$ 250,000.00	ACCIÓN CONCLUIDA (FGRA/IMTA) / OOAPAS	
2015		Rehabilitación del Pozo profundo del Mezquite	\$ 47,212.00	\$ 441,978.59	VALIDADO POR CEAC	
2015		Rehabilitación de línea de distribución de agua potable de la Av. Lázaro Cárdenas.		\$ 118,484.94	CANCELADO MPIO	
2015		Ampliación de línea de drenaje de la calle Aristeo Mercado.		\$ 285,667.44	CANCELADO MPIO	
2015		Ampliación de la línea de distribución de agua potable y drenaje de la calle Hospital.	\$ 82,868.37	\$ 102,372.59	CANCELADO MPIO	
2015		Rehabilitación de la línea de distribución de agua potable y drenaje de la calle Mezquite.		\$ 284,808.17	CANCELADO MPIO	
2015		Rehabilitación de la línea de distribución de agua potable y drenaje de la calle Zaragoza.		\$ 347,430.20	CANCELADO MPIO	
2015		Ampliación de la línea de distribución de agua potable y drenaje de la calle del Miedo.		\$ 225,817.89	CANCELADO MPIO	
2016		Suministro de 300 valvulas antifraude (usuarios morosos)	\$ 28,083.60	\$ 75,000.00	ACCIÓN CONCLUIDA (FGRA/IMTA) / INST. PEND. OOAPAS	
2016		Diagnóstico del área comercial del OOAPAS	\$ 250,000.00	\$ 1,240,000.00	ACCIÓN CONCLUIDA (FGRA/IMTA)	
2017		Suministro Cortadora de concreto/pavimento	\$ 44,660.00		PENDIENTE IMTA (REQUISICIÓN)	
2017		Suministro Martillo demoledor	\$ 63,800.00		PENDIENTE IMTA (REQUISICIÓN)	
2017		Suministro Compactadora (apisonador/bailarina)	\$ 67,280.00		PENDIENTE IMTA (REQUISICIÓN)	
2017		Rehabilitación de Tanque de almacenamiento/distribución mampostería (VITROACERO)		\$ 280,000.00	CONAGUA/CEAC/MUNICIPIO OOAPAS EJECUTO RP	
2017		Elaboración del proyecto integral del saneamiento para las localidades del Tigre, Puerto del tigre, Sanambo, del municipio de Tzintzuntzan y Quiroga respectivamente.		\$ 1,500,000.00	CONAGUA/CEAC/MUNICIPIO (SD)	
SUBTOTAL			\$ 678,185.17	\$ 5,151,559.82		
2014	Erongaricuar	Rehabilitación de Tanque superficial de mampostería de aprox. 280 m ³	\$ 300,508.09		ACCIÓN CONCLUIDA (FGRA/IMTA)	
2015		Rehabilitación del Pozo profundo el Toril	\$ 47,212.00	\$ 494,938.81	VALIDADO POR CEAC	
2015		Rehabilitación de drenaje Km 1 Cametera Erongaricuar-Pátzcuaro		\$ 333,082.01	EJECUTADO CEAC Y MPIO	
2015		Rehabilitación de drenaje Fracc. San Antonio y Fracc. Ma. Luisa Martínez	\$ 42,300.02	\$ 302,081.56	EJECUTADO CEAC Y MPIO	
2016		Suministro de 300 valvulas antifraude (usuarios morosos)	\$ 42,125.40		ACCIÓN CONCLUIDA (FGRA/IMTA) / INST. PEND. CAPAME	
2016		Diagnóstico del área comercial del OOAPAS	\$ 250,000.00	\$ 4,500,000.00	ACCIÓN CONCLUIDA (FGRA/IMTA)	
2016		Desazolve de drenaje con Camión Váctor en varios puntos críticos de la Cabecera Municipal	\$ 23,200.00		ACCIÓN CONCLUIDA (FGRA/IMTA)	
2017		Rehabilitación del pozo El Llano (IMTA/MUNICIPIO)	\$ 300,000.00	\$ 300,000.00	FGRA/IMTA DIAGNÓSTICO MPIO EQUIPAMIENTO	
2017		Suministro Cortadora de concreto/pavimento	\$ 44,660.00		PENDIENTE FGRA/IMTA (REQUISICIÓN)	
2017		Suministro Martillo demoledor	\$ 63,800.00		PENDIENTE FGRA/IMTA (REQUISICIÓN)	
2017		Suministro Roscadora Portatil (tarraja eléctrica para tubos)	\$ 42,995.01		PENDIENTE FGRA/IMTA (REQUISICIÓN)	
2017		Suministro Compresor de 2.5 HP	\$ 4,843.00		PENDIENTE FGRA/IMTA (REQUISICIÓN)	
2017		Rehabilitación de Tanque de almacenamiento/distribución mampostería (VITROACERO)		\$ 150,000.00	CONAGUA/CEAC/MUNICIPIO	
SUBTOTAL			\$ 1,161,643.52	\$ 6,080,102.38		
TOTAL			\$ 7,853,744.10	\$ 55,751,124.85	\$ 63,604,868.95	

PMSAP Pro-mantenimiento del Sistema de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Pátzcuaro.

OOAPASQ Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Quiroga.

OOAPAS Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Tzintzuntzan.

CAPAME Comité de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Erongaricuar.

RP Recursos Propios.

MPIO Municipio.

SD Sin Dato

Figura 2 | Estatus de las 69 acciones identificadas en los 4 OOAPAS ribereños del Lago de Pátzcuaro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados reportados hasta en el primer semestre del año 2017

La anterior Figura 2 muestra una tabla resumen por año y por organismo operador municipal, donde se indica el estatus que guardan las 69 acciones identificadas en los 4 OOAPAS ribereños del Lago de Pátzcuaro. También representa el trabajo en equipo mismo que fue desarrollado en 42 meses y que se traduce en un beneficio para los 4 organismos operadores ribereños, ahora cuentan con proyectos ejecutivos de rehabilitación de agua potable y drenaje, suministros de material hidráulico estratégico, así como de equipo y herramienta menor para apoyo del área de fontanería, rehabilitación en tanques de almacenamiento/distribución, estudios de diagnóstico de infraestructura hidráulica, topografía, geotecnia y análisis de calidad del agua, y finalmente la gestión ante las instancias municipales, estatales y federales para lograr los recursos económicos y ejecución de obra hidráulica identificada por IMTA/FGRA/4 OOAPAS.

A continuación, se describe el desarrollo de algunas de las acciones con la finalidad de evidenciar los trabajos realizados a fin de que el lector pueda identificar los entregables / beneficios a los organismos operadores ribereños; es imposible describir cada una de las 69 acciones, por tanto, se indicará un proyecto de los compromisos indicados en el párrafo anterior.

Elaboración del proyecto ejecutivo: “Colector de 12” de diámetro y atarjeas de la colonia San José, Pátzcuaro, Michoacán”.

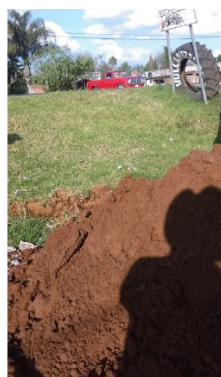
Se requiere de ampliar la red de drenaje y desalojo de aguas residuales de la Col. San José, actualmente la población de la colonia cuenta con letrinas y fosas sépticas, el proyecto consiste en definir los tramos de atarjeas de 8 calles e interconectar a un colector y posteriormente al emisor existente que va por un costado del arroyo Guani y llega a la Planta de tratamiento de aguas residuales San Pedrito. La propuesta del subcolector y colector en su conjunto se proyectó en aproximadamente 570 m de longitud y la red de atarjeas entre 1.6 y 1.7 km. Por tanto, se concluyó realizar los siguientes trabajos previos:

- Levantamiento topográfico y elaboración de Planos.
- Levantamiento de tapas para inspección de pozos de visita existentes.
- Geotecnia (mecánica de suelos).
- Presupuesto, catálogo de conceptos y programa de ejecución de obra.

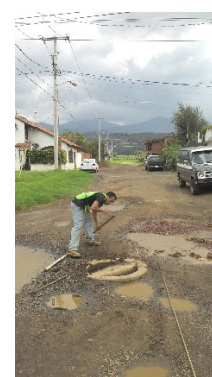
Se realizó el análisis hidráulico en el programa SWMM 5.0.1. (Storm Water Magnament Model) para evaluar la propuesta a fin de determinar la mejor opción viable a las condiciones existentes, se calcularon gastos, velocidades, pendientes, diámetros y pérdidas de carga por fricción. La siguiente Figura 3 muestra parte de los trabajos realizados en campo, y la Figura 4 y 5 muestran el plano en planta, detalles de obra y el resultado de análisis hidráulico del sistema propuesto.



Mecánica de suelos



Levantamiento topográfico



Inspección de infraestructura existente

Figura 3 | Trabajos de campo realizados a fin de elaborar proyecto ejecutivo para posterior gestión ante las entidades correspondientes.

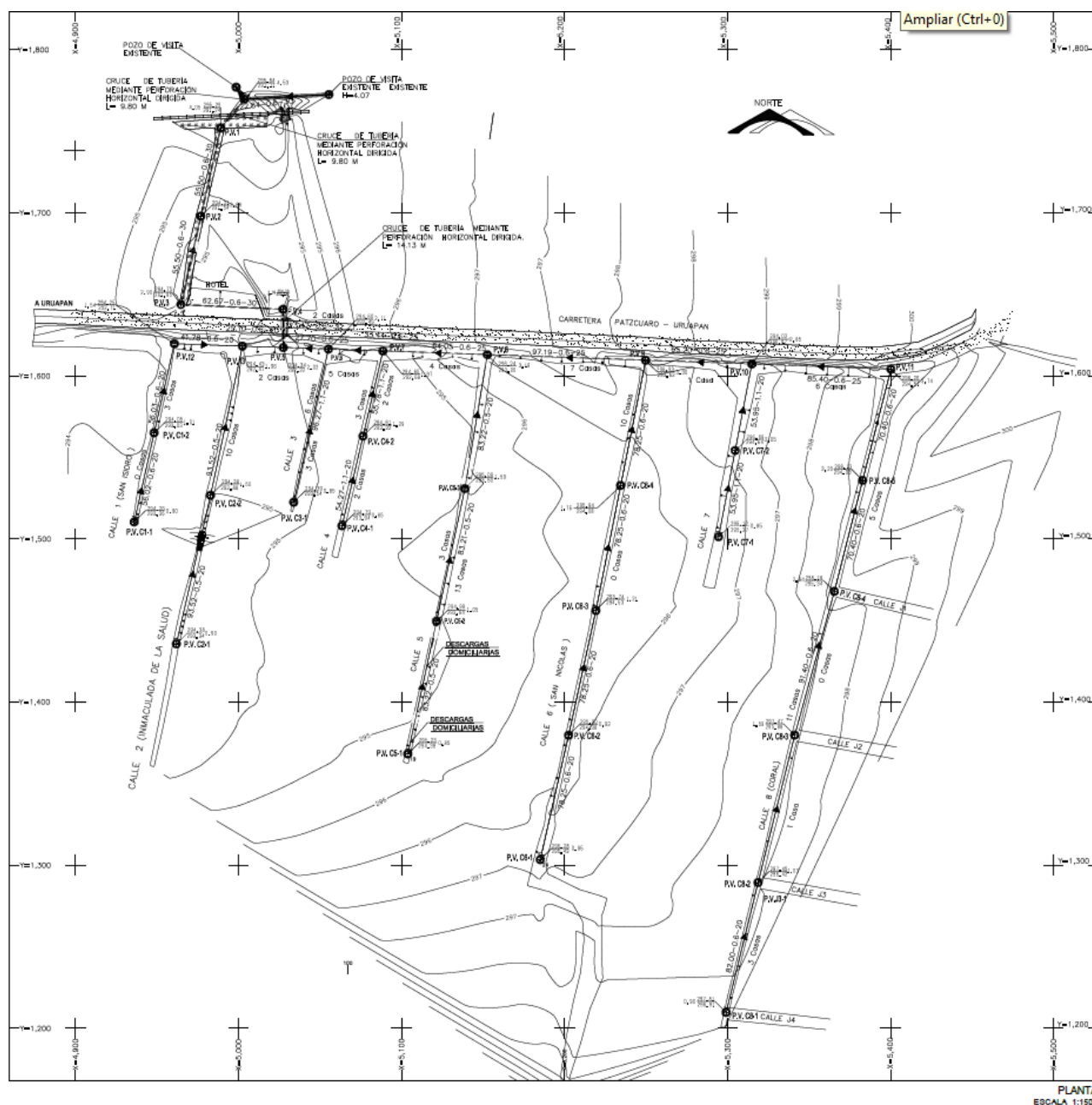
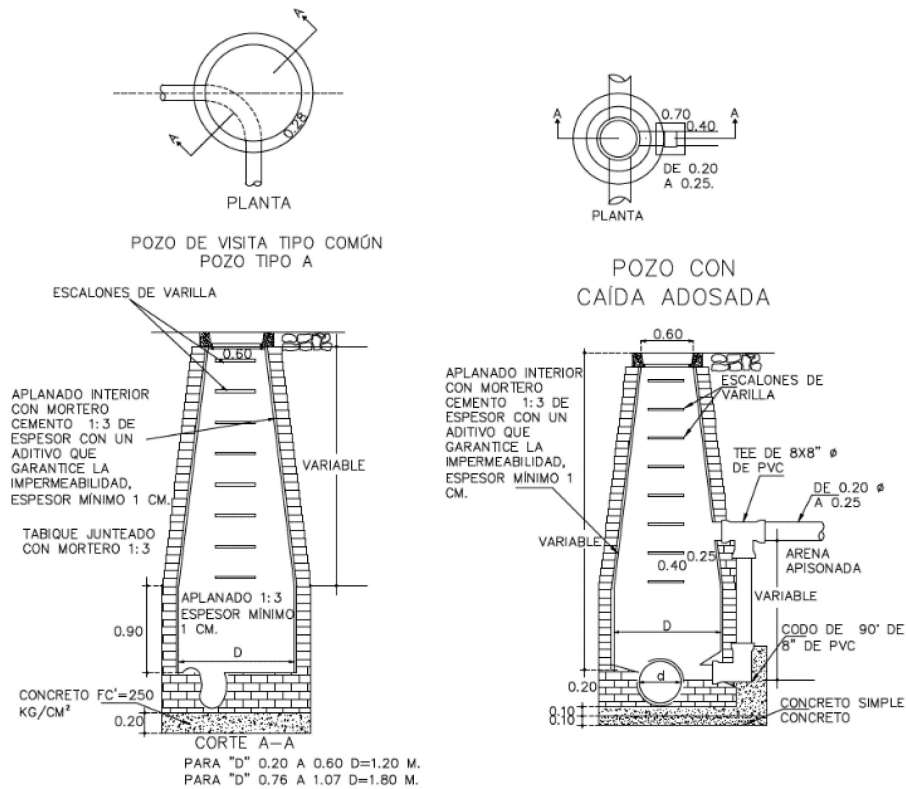


Figura 4 | Plano de planta del proyecto Colector de 12" de diámetro y atarjeas de la Col. San José, Pátzcuaro Michoacán.

Suministro de material hidráulico estratégico: Válvulas limitadoras de caudal antifraude (usuarios morosos).

La principal función de la válvula limitadora de caudal es restringir de manera parcial o total el flujo de agua en un punto específico de la toma doméstica; en el mercado nacional las válvulas se encuentran con diversos nombres comerciales a fin de hacerlas más atractivas al cliente, estas válvulas se suministraron al organismo operador para obligar al usuario moroso a pasar a caja a realizar su pago puntal, con ello se pretende fortalecer la capacidad de cobro del organismo. La válvula antifraude que se muestra aquí tiene la ventaja que no puede ser manipulada por el usuario, de aquí su nombre comercial. La instalación la realizó el propio organismo operador (Antúñez, L.E. 2014) como se muestra en las imágenes de la Figura 6.



CRUCERO O CALLE	NODO DE ENTRADA	NODO DE SALIDA	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (m)	PENDIENTE E (m/m)	Q _{max} (l/s)	V _{max} (m/s)	CAPACIDAD DE FLUJO	CAPACIDAD DE TUBO
Calle 8	PVC 8	PV 11	406.31	0.2	0.00572	5.89	1.04	0.16	0.27
Final 1	PV 1	PV 0	20.87	0.3	0.00623	45.65	1.49	0.41	0.45
Final 2	PV 2	PV 1	55.34	0.3	0.00623	45.65	1.49	0.41	0.45
Final 3	PV 3	PV 2	55.36	0.3	0.00629	45.65	1.49	0.41	0.45
Final 5	PV 5	PV 4	23.4	0.3	0.00624	45.65	1.49	0.41	0.45
Final 4	PV 4	PV 3	67.52	0.3	0.00625	45.65	1.49	0.41	0.45
Calle 1	PVC 1	PV 12	115.53	0.2	0.00493	5.83	0.99	0.18	0.26
Calle 2	PVC 2	PV 13	186.55	0.2	0.00499	5.94	0.96	0.18	0.31
Calle 7	PVC 7	PV 10	107.61	0.2	0.01365	6.09	1.49	0.11	0.3
Calle 6	PVC 6	PV 9	312.16	0.2	0.00532	5.74	0.95	0.17	0.38
Calle 5	PVC 5	PV 8	248.98	0.2	0.00044	5.91	0.36	0.59	0.53
Calle 4	PVC 4	PV 7	109.75	0.2	0.00845	5.94	1.26	0.14	0.38
Calle 3	PVC 3	PV 6	96.01	0.2	0.00988	6.14	1.28	0.13	0.41
Subcolector parte 1	PV 11	PV 10	83.48	0.2	0.00575	5.72	0.64	0.16	0.33
Subcolector parte 2	PV 10	PV 9	65.02	0.2	0.00574	11.42	0.94	0.32	0.44
Subcolector parte 3	PV 9	PV 8	96.45	0.2	0.00573	17.11	1.13	0.48	0.49
Subcolector parte 4	PV 8	PV 7	63.87	0.3	0.00512	22.85	1.12	0.23	0.33
Subcolector parte 5	PV 7	PV 6	33.41	0.3	0.00694	28.55	1.22	0.25	0.37
Subcolector parte 6	PV 6	PV 5	26.13	0.3	0.00574	34.25	1.21	0.32	0.42
Subcolector parte 7	PV 12	PV 13	31.03	0.3	0.00696	5.73	0.79	0.05	0.19
Subcolector parte 8	PV 13	PV 5	25.03	0.3	0.00511	11.4	0.73	0.11	0.34

Figura 5 | Detalle de pozos de visita (arriba) y resultados de la simulación del sistema proyectado (abajo).



Figura 6 | Válvula antifraude limitadora de caudal suministrada a los 4 OOAPAS ribereños e instalación de las mismas por el propio organismo.

Suministro de equipo y herramienta menor para apoyo del área de fontanería de los OOAPAS ribereños.

Se tiene el compromiso por parte del IMTA/FGRA el suministrar equipo y herramienta menor con la finalidad de apoyar el área de fontanería de los 4 OOAPAS ribereños, la siguiente Tabla 1 indica por localidad el equipo y herramienta que se suministrará en el último cuatrimestre del presente año 2017.

Tabla 1 | Suministros para fortalecer el área comercial de los OOAPAS ribereños.

Equipo requerido en los OOAPAS ribereños	Pátzcuaro	Quiroga	Erongarícuaro	Tzintzuntzan	Piezas Totales
Cámara de video-inspección para tuberías de drenaje		1			1
Localizador de tuberías y cables		1			1
Cortadora de concreto/pavimento		1	1	1	3
Martillo demoledor		1	1	1	3
Compactadora (apisonador/bailarina)				1	1
Roscadora Portátil (tarraja eléctrica para tubos)			1		1
Compresor de 2.5 HP			1		1
Válvulas limitadoras de caudal (antifraude), usuarios morosos	2,000	600	300	200	3,100
Micro-medidores domiciliarios	1,200				1,200

Rehabilitación en tanques de almacenamiento / distribución con problemas de fugas de agua.

Los tanques de almacenamiento son el nodo principal de cualquier red hidráulica, por lo tanto son pieza clave en la distribución del vital líquido a la red de consumidores, sin embargo la falta de un programa de mantenimiento y de recursos económicos han hechos que varios tanques ribereños del Lago de Pátzcuaro se encuentren con fisuras considerables que propician el desperdicio del agua potable, recurso natural al que se le ha invertido hasta este punto energía eléctrica para su extracción y conducción, horas hombre de operación, cloración y finalmente se muestra una imagen negativa para el organismo operador con las continuas fugas presentadas en los tanques. En una primera etapa se decidió comenzar con tres tanques que contaran con las condiciones propicias para ser rehabilitados sin necesidad de realizar adecuaciones u obra extra (Antúnez, L. E., Blanco, O. A. 2016). La Figura 7 muestra evidencia de los trabajos realizados en dos tanques elevados metálicos y un tanque superficial de mampostería.

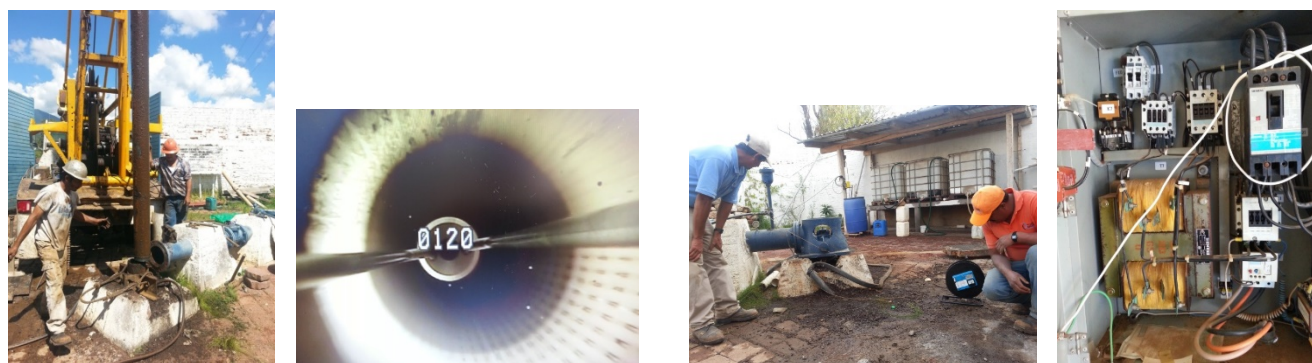
Estudios de diagnóstico de infraestructura hidráulica.

Evaluación de la infraestructura electromecánica y video-inspección en 5 pozos profundos. Resultado: Acciones de rehabilitación presupuestadas: el alcance de estos trabajos fue el determinar las acciones necesarias para rehabilitación de cinco pozos profundos ubicados en la ribera del Lago de Pátzcuaro, a través de la evaluación y diagnóstico de la infraestructura electromecánica, así como la video-inspección del propio pozo (Antúnez, L.E. 2015). Finalmente, como resultados entregables el IMTA proporcionó un expediente con las acciones de rehabilitación de cada uno de los cinco pozos incluyendo las especificaciones de ejecución y presupuesto a fin de que sean considerados en el Programa Anual de Obra del presente año 2017

de la Comisión Estatal de Agua y Gestión de Cuencas del Estado de Michoacán (CEAC). La Figura 8 muestra imágenes de los trabajos realizados en los pozos profundos (medición de parámetros eléctricos e hidráulicos, video-registro en el interior del pozo, evaluación del sistema eléctrico, identificación de acciones a rehabilitar y presupuesto).



Figura 7 | Rehabilitación con VITROACERO® de 3 tanques de almacenamiento / distribución de agua potable (antes y después).



Extracción del equipo de bombeo, video inspección del ademe, nivel dinámico (sonda) y diagnóstico de los elementos eléctricos

Figura 8 | Diagnóstico de 5 pozos profundos para elaboración de proyecto ejecutivo de rehabilitación.

Gestión ante las instancias municipales, estatales y federales para lograr los recursos económicos y ejecución de obra.

En el año 2016 IMTA/FGRA/400APAS/Municipios/CEAC/CONAGUA/SUMA se concretó mediante convenio de colaboración el pari-passu de aportación de los 3 niveles de gobierno a fin de ejecutar proyectos ejecutivos, elaborar nuevos proyectos, rehabilitar infraestructura y suministrar equipo y herramienta para mejorar los servicios que presta los 4 OOAPAS. La CEAC y el Municipio de Erongarícuaro aportaron el recurso económico para la ejecución de 2 proyectos de drenaje en el

municipio de Erongarícuaro. A finales del mes de julio la CEAC inicio las obras de drenaje que corresponden a la rehabilitación de drenaje del Fracc. San Antonio - Ma Luisa Martínez y Km 1 carretera Erongarícuaro - Pátzcuaro, ambos en Erongarícuaro, concluyendo a inicios del mes de septiembre. La siguiente Figura 9 muestra imágenes de los trabajos ejecutados.

Otra de las acciones de gran importancia para la localidad de Pátzcuaro que previene inundaciones por desborde del río Guan (corriente que atraviesa la cabecera municipal, ver Figura 10) es la que llevo a cabo el IMTA a mediados de noviembre y hasta finales del mes de diciembre del año 2016; el servicio de deshierbe y recolección de basura en las laderas y cauce en 3 tramos estratégicos del río Guan en Pátzcuaro, entre los tres sitios se estimó una longitud del cauce de aproximadamente 2.18 km lineales. Los tramos son los que a continuación se indican, mismos que se muestran en la Figura 11.

1. Col. Situnero a Fracc. Michoacán (aproximadamente 460 ml).
2. Calle Pueblita - Puente Ahumada (aproximadamente 721 ml).
3. Calle Héroes de Nacozari- Carretera Huecorio-Pátzcuaro (aproximadamente 1 km).



Banderazo de inicio de los trabajos de rehabilitación de drenaje y proceso constructivo.

Figura 9 | Ejecución de obra para la rehabilitación de drenaje entre la CEAC y el municipio de Erongarícuaro.

Diagnóstico del área comercial de los 4 organismos operadores ribereños.

En el primer semestre del año 2016 el IMTA elaboró diagnóstico del área comercial de los 4 organismos operadores ribereños a solicitud de la CONAGUA y CEAC, mismos que se concluyeron en enero de 2017. Se tienen identificadas y presupuestadas las acciones de mejora para cada organismo operador, se tiene la proyección de escenarios con diferentes fases (alternativas en la implementación de acciones). A continuación, para el caso del organismo operador de Pátzcuaro (PMSAP) se presenta un bosquejo del contenido del diagnóstico: El padrón está conformado por 18,146 tomas de las cuales el 54% son de tarifa preferencial “uniones” y el 34% son de tarifa domestico popular; entre las tarifas más económicas están la tarifa preferencial “uniones” y la “domestica popular” juntas representan el 88% de los usuarios en promedio, como se muestra en la Figura 12. El índice laboral es de 5.6 en promedio y el año que mejor índice presentó fue en 2014 con 5.03: la eficiencia en cobro es de 58% promedio, se identificó un ingreso por toma en uso de \$655 en promedio, se estiman rezagos por 40 millones de pesos, ver Figura 13. Finalmente se identificaron acciones de mejora en 5 vertientes, todas ellas presupuestadas y propuesta calendarizada de ejecución:

1. Planeación del sistema comercial (Macro y micro medición, plan tarifario, actualización del padrón de usuarios, detección de fugas, mejora de eficiencias, actualización de catastro y sectorización).
2. Organización y funcionamiento del sistema (Estructura organizacional, registro de medición, facturación, línea de captura, eficiencia comercial, rezago, cartera vencida, campaña pro-pago, campaña de comunicación e instalación de válvulas limitadoras).
3. Capacitación (Cursos de capacitación en calidad del servicio, manejo de reclamaciones, manejo del sistema comercial existente y servicio al cliente; certificación de personal y generación de un sistema para atención a quejas y sugerencias).
4. Equipo y mobiliario (Computadora de escritorio, Laptop, impresoras y mobiliario).
5. Mantenimiento del sistema (Supervisar y rehabilitar de manera programada, la infraestructura hidráulica).

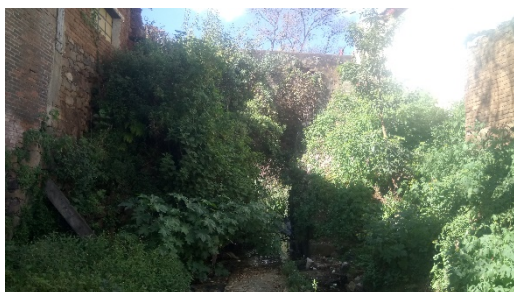


Figura 10 | Trayectoria del río Guan (línea en color azul) y tramos mencionados (en color rojo) que fueron desazolvados.

En el presente año 2017 y 2018 se acordó ejecutar la mayoría de los proyectos ejecutivos que ya se tienen elaborados y validados, cumpliendo así con los compromisos del convenio de colaboración, mismo que se ha extendido a una V etapa (2018-2021) con la participación exclusivamente del gobierno Federal, Estatal y Municipal.



Tramo 1: Col. Situnero a Fracc. Michoacán

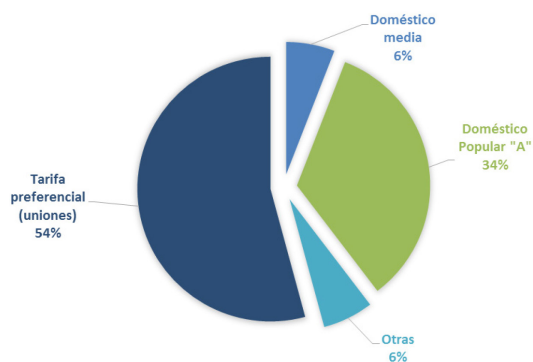


Tramo 2: Calle Pueblita - Puente Ahumada



Tramo 3: Calle Héroes de Nacozari- Carretera Huecorio-Pátzcuaro

Figura 11 | Comparativa de los trabajos mostrando el antes (izquierda) y el después (derecha).



ID	Clasificación	2013	2014	2015	2016
1	SEP tarifa por escuela	3,543.91	2,912.29	3,014.43	3,337.81
2	Doméstico media	1,637.95	1,637.95	1,706.61	1,876.56
3	Doméstico residencial	2,320.13	2,320.13	2,420.09	2,569.81
4	Comercial	8,871.94	8,871.94	9,262.69	10,162.71
5	Comercial e Industrial	21,439.30	21,439.30	22,291.08	24,440.46
6	Doméstico Popular "A"	1,028.74	1,028.74	1,072.27	1,077.07
7	Pensionados y más de 60	N/A *	720.00	749.24	N/A *
8	Tarifa preferencial (uniones)	N/A *	743.04	773.34	N/A *
9	Escuelas de la SEP	0.00	2,912.29	3,014.43	N/A *
10	Comercios pequeños	4,669.44	4,082.40	4,856.85	N/A *
11	H. Ayuntamiento Pátzcuaro	0.00	N/A *	9,259.80	10,362.13
12	Trabajadores OOAPAS	12.00	12.00	12.00	18.10
13	Comercios pequeños "A"	N/A *	N/A *	1,981.65	3,598.03
14	Comercios pequeños "B"	N/A *	N/A *	2,953.66	3,598.03

* N/A: No aplica

Figura 12 | Padrón de usuarios y sus correspondientes tarifas anuales (2013-2016).

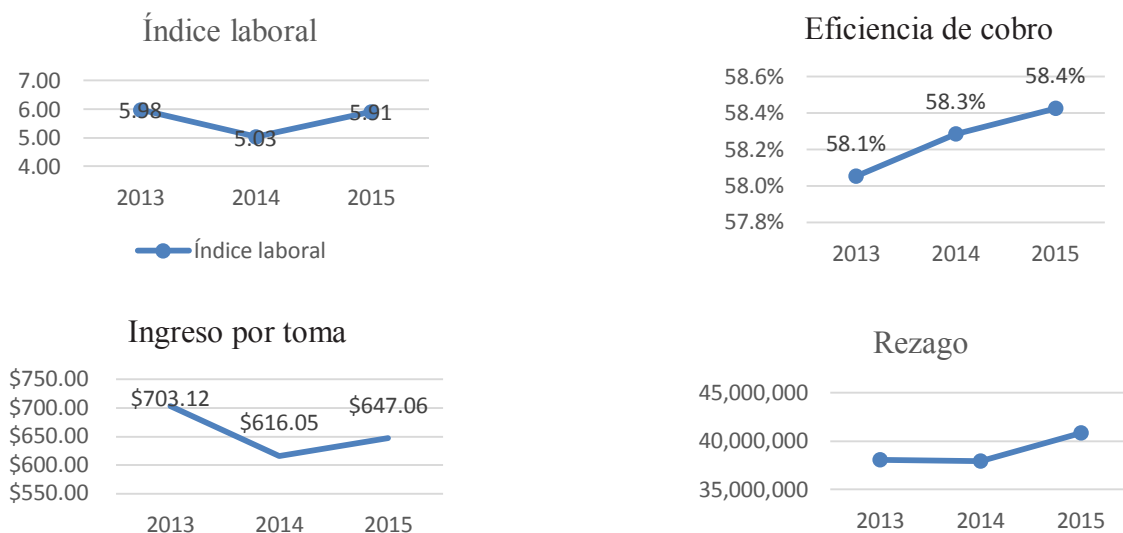


Figura 13 | Indicadores encontrados en el organismo operador de Pátzcuaro (PMSAP).

CONCLUSIONES

Impacto Social: la realización de este proyecto beneficia a la población mediante el abastecimiento de agua potable, la ampliación de las coberturas de los servicios a las comunidades ribereñas, la disminución de enfermedades gastrointestinales por recibir agua limpia, potable y de calidad. Asimismo, también se contribuye en el cuidado, conservación y aprovechamiento del recurso privilegiando el consumo humano.

Impacto Económico: el desarrollo y ejecución del proyecto generará beneficios económicos a los cuatro organismos ribereños principalmente porque se estarán reduciendo grandes volúmenes de pérdidas físicas ocultas al realizar las rehabilitaciones de infraestructura hidráulica. Mejorando la eficiencia física y comerciales propiciando un incremento en la recaudación de ingresos en los organismos ribereños, por último, mencionar un ahorro por parte del organismo operador en la elaboración de proyectos ejecutivos financiados por el IMTA y la FGRA.

Impacto Científico y Tecnológico: parte de la misión y visión del IMTA es diseminar el conocimiento para su difusión, ampliación y aprovechamiento tecnológico por parte de los organismos operadores de agua potable y saneamiento municipales; así como también el que IMTA aporte y transfiera la tecnología que desarrolla se convierte en el principal pilar de fortalecimiento de los organismos de agua, con la seguridad y confianza del respaldo del IMTA como la institución por excelencia en investigación y desarrollo tecnológico en agua para el país.

Finalmente, los alcances del presente trabajo se alcanzaron con creces, y queda demostrado nuevamente que el trabajo colectivo (IMTA/FGRA/SEMARNACC/CONAGUA/CEAC/Municipios/) divide las tareas y multiplica el éxito, como resultado las 69 acciones específicas para contribuir en mejorar los servicios de agua potable y drenaje, a fin de reducir la contaminación del Lago de Pátzcuaro. La divulgación de la experiencia como un caso exitoso se espera, en breve, pase a ser compartida internacionalmente.

AGRADECIMIENTOS

El presente agradecimiento a la Fundación Gonzalo Río Arronte y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua quienes a través del programa para la “Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro IV etapa (2014-2018)” acuerdan financiar y realizar el proyecto en beneficio de los 4 OOAPAS ribereños del Lago de Pátzcuaro. Así mismo a los organismos operadores ribereños de Pátzcuaro, Quiroga, Erongarícuaro y Tzintzuntzan por su interés en las acciones y proyectos en común acuerdo para beneficio de la población y del cuidado del emblemático Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México.

REFERENCIAS

Antúñez, L.E. 2015. Evaluación de la infraestructura electromecánica y video-inspección en 5 pozos profundos. Resultado: Acciones de rehabilitación presupuestadas. *Los servicios de agua y drenaje con una visión integral*, ISBN: 978-607-441-366-3; septiembre 2015, Sección 5, capítulo 8; pág. 516-530. Guanajuato, Gto., México.

Antúñez, L.E. 2015. Evaluación de la infraestructura electromecánica y video-inspección en 5 pozos profundos. Resultado: Acciones de rehabilitación presupuestadas. *XIV Seminario Iberoamericano de agua y drenaje; SEREA*, septiembre 7-10, Guanajuato, Gto., México.

Antúñez, L. E., Blanco, O. A. 2016. Acciones de eficiencia de los organismos operadores de agua, ribereños del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. *XXVII Congreso Latinoamericano de Hidráulica*, septiembre 28-30, Lima, Perú.

Antúñez, L.E. 2014. *Acciones de eficiencia de los OOAPAS ribereños*. Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro (etapa IV 2014-2017). Informe de avance parcial 2014. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), Morelos, México.

Antúñez, L.E. 2015. *Acciones de eficiencia de los OOAPAS ribereños*. Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro (etapa IV 2014-2017). Informe de avance parcial 2015. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), Morelos, México.

Antúñez, L.E. et al. 2016. *Acciones de eficiencia de los OOAPAS ribereños*. Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro (etapa IV 2014-2017). Informe de avance parcial 2016. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), Morelos, México.

Fundación Gonzalo Río Arronte, IAP <http://www.fgra.org.mx/>