



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CIIDIR UNIDAD OAXACA

LÍNEA DE TRABAJO
DISEÑO Y TECNOLOGÍAS SUSTENTABLES PARA LA EDIFICACIÓN

**“SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA FORTALECER EL
DESARROLLO SOCIAL DE LA
COMUNIDAD DE SAN PABLO YAGANIZA,**

TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN GESTIÓN DE
PROYECTOS PARA EL DESARROLLO
SOLIDARIO

PRESENTA

DIRECTORES DE TESIS
DRA. LIDIA ARGELIA JUÁREZ RUIZ
M.I. AURELIANO IVÁN GIJÓN YESCAS

OAXACA DE JUÁREZ, OAXACA. JUNIO DE 2016



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

SIP-14 Bis

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 03 del mes de junio del 2016 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA)** para examinar la tesis de grado titulada: Sistema de tratamiento de aguas residuales para fortalecer el desarrollo social de la comunidad de San Pablo Yaganiza, Villa Alta

Presentado por el alumno:

Jiménez

Apellido paterno

Juárez

materno

Pablo

nombre(s)

Con registro:

B	1	4	0	0	2	0
---	---	---	---	---	---	---

aspirante al grado de: **MAESTRÍA EN GESTIÓN DE PROYECTOS PARA EL DESARROLLO SOLIDARIO**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

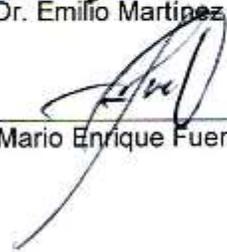
LA COMISIÓN REVISORA
Directores de tesis


Dra. Lidia Argelia Juárez Ruiz

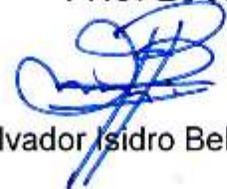

M. en I Aureliano Iván Gijón Yescas


Dr. Emilio Martínez Ramírez


M. en A. José Luis Caballero Montes


Dr. Mario Enrique Fuente Carrasco

**PRESIDENTE DEL COLEGIO DE
PROFESORES**


Dr. Salvador Isidro Belmonte Jiménez



**CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACION PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD OAXACA
I.P.N.**



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 03 del mes de junio del año 2016, el (la) que suscribe **Jiménez Juárez Pablo**, alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN GESTIÓN DE PROYECTOS PARA EL DESARROLLO SOLIDARIO** con número de registro B-140020, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la Dra. Lidia Argelia Juárez Ruiz y el M. en I Aureliano Iván Gijón Yescas. y cede los derechos del trabajo titulado: **“Sistema de tratamiento de aguas residuales para fortalecer el desarrollo social de la comunidad de San Pablo Yaganiza, Villa Alta ”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: posgradoax@ipn.mx ó ing.pablojj@gmail.com, Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


Jiménez Juárez Pablo



**“SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA FORTALECER EL
DESARROLLO SOCIAL DE LA
COMUNIDAD DE SAN PABLO
YAGANIZA, VILLA ALTA”**

ÍNDICE

ÍNDICE.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VII
LISTA DE TABLAS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
1. ANTECEDENTES.....	3
1.1. DESARROLLO SOCIAL.....	3
1.2. EVOLUCIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	4
1.3. PLANTAS DE TRATAMIENTO EN MÉXICO.....	7
1.4. PLANTAS DE TRATAMIENTO EN OAXACA.....	8
1.5. RED DE DRENAJE SANITARIO EN SAN PABLO YAGANIZA.....	10
JUSTIFICACIÓN.....	13
OBJETIVOS.....	17
OBJETIVO GENERAL.....	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
ALCANCE DEL PROYECTO.....	18
2. MARCO REFERENCIAL.....	19
2.1. DESARROLLO SOCIAL.....	19
2.2. CAPITAL SOCIAL.....	21
2.3. MARCO TEÓRICO.....	23
2.3.1. El Tratamiento del Agua Residual.....	23
2.3.2. Factores que inciden en el Tratamiento del Agua Residual.....	26
2.3.3. Tratamiento de Aguas Residuales con Enfoque Sistémico.....	33
2.4. MARCO NORMATIVO INTERNACIONAL.....	36
2.5. MARCO METODOLÓGICO.....	37
2.5.1. Fase de Diagnóstico.....	38
2.5.2. Fase de Diseño.....	39
2.5.3. Fase de Implementación.....	41
2.5.4. Fase de Evaluación.....	42
3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO.....	45
3.1. ASPECTO SOCIODEMOGRÁFICO.....	45

3.1.1.	Población	45
3.1.2.	Flujos Migratorios	45
3.1.3.	Proyecciones Demográficas	46
3.2.	ASPECTO MORFOLÓGICO	46
3.2.1.	Toponimia	46
3.2.2.	Ubicación	46
3.2.3.	Extensión	46
3.2.4.	Fisiografía	46
3.2.5.	Hidrografía.....	47
3.3.	ASPECTO SOCIOECONÓMICO	48
3.3.1.	Fuerza de Trabajo.....	48
3.3.2.	Actividades Económicas.....	48
3.4.	ASPECTO AMBIENTAL	49
3.4.1.	Factores Abióticos	49
3.4.2.	Factores Bióticos	51
3.5.	ASPECTO CULTURAL	51
3.5.1.	Fiestas, danzas y tradiciones.....	51
3.5.2.	Música	52
3.5.3.	Artesanías.....	52
3.5.4.	Gastronomía.....	52
3.5.5.	Medicina tradicional	52
3.6.	ASPECTO POLÍTICO	52
3.6.1.	Organización	52
3.6.2.	Actores sociales.....	52
3.7.	ASPECTO SOCIAL (INFRAESTRUCTURA)	53
3.7.1.	Educación	53
3.7.2.	Salud	53
3.7.3.	Abasto	53
3.7.4.	Deporte	54
3.7.5.	Vivienda.....	54
3.7.6.	Servicios públicos.....	54
3.7.7.	Medios de comunicación	55
3.7.8.	Vías de comunicación	55
4.	METODOLOGÍA	56
4.1.	METODOLOGÍA APLICADA.....	56
4.1.1.	Diagnóstico-identificación del problema	57

4.1.2.	Diseño del STAR	58
4.1.3.	Implementación del STAR	60
4.1.4.	Evaluación	60
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	64
5.1.	FASE DE DIAGNÓSTICO	64
5.2.	FASE DE DISEÑO.....	69
5.2.1.	Gestión Social	69
5.2.2.	Gestión técnica y financiera:	71
5.2.3.	Plan de Ejecución del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales	73
5.3.	FASE DE IMPLEMENTACIÓN.....	75
5.3.1.	Práctica de formación ambiental	76
5.3.2.	Curso de saneamiento básico	76
5.3.3.	Taller de concientización.....	78
5.3.4.	Manual de operación y mantenimiento.....	80
5.4.	FASE DE EVALUACIÓN.....	81
5.4.1.	Modelo de Gestión para una PTAR.....	85
6.	CONCLUSIONES.....	89
	RECOMENDACIONES	91
	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	93
	ANEXOS	99
	ANEXO 1. Constituyentes encontrados en las aguas residuales.	99
	ANEXO 2. Saneamiento adaptativo para saneamiento básico.	101
	ANEXO 3. Instrumentos de diagnóstico aplicados.....	102
	ANEXO 4. Unidad de aprendizaje sobre saneamiento básico.....	103
	ANEXO 5. Análisis de alternativas de tratamiento.	105
	ANEXO 6. Cuestionario aplicado a jóvenes de nivel secundaria.	108
	ANEXO 7. Tríptico con información del STAR.	110
	ANEXO 8. Cuestionario aplicado en el taller de concientización.....	111
	ANEXO 9. Manual de operación y mantenimiento gráfico para la PTAR.....	112
	ANEXO 10. Proceso de gestión del STAR.	113
	ANEXO 11. Participación en congresos.	115

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada doy gracias a Dios por la oportunidad que me da cada día, de vivir y seguir creciendo tanto en conocimiento como en experiencia.

También agradezco a mis padres por la vida, por la educación que me inculcaron desde pequeño y porque gracias a su apoyo y motivación es que estoy en este punto de mi vida terminando una maestría profesional.

Agradezco profundamente al Instituto Politécnico Nacional y al Centro de Investigación Interdisciplinario para el Desarrollo Integral Regional, por darme la oportunidad de cursar este posgrado innovador en sus instalaciones y que a mi parecer, es del tipo de posgrados que se necesita en la actualidad, donde la investigación no se quede en teorías sino que pase a una aplicación real buscando el desarrollo de las comunidades del Estado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología agradezco el apoyo económico brindado, el cual fue indispensable para el proyecto y la continuidad del mismo durante los dos años de duración de la maestría.

Agradezco a los miembros de la comunidad y de la autoridad municipal de San Pablo Yaganiza, por aceptar el proyecto y por el apoyo brindado durante la realización del mismo.

A los miembros del comité tutorial, la M.E. Susana Margarita Navarro Mendoza, la M.A. Laura Gómez Hernández y el Dr. Carlos Espinoza Nájera, gracias por las contribuciones al trabajo de tesis que forman parte importante y le dan sentido a las diferentes temáticas abordadas.

A mis directores de tesis, la Dra. Lidia Argelia Juárez Ruiz y el M. en I. Aureliano Iván Gijón Yescas, agradezco enormemente sus contribuciones a la tesis ya que le dan forma estructural al trabajo; sin embargo, les agradezco más por su actitud, compromiso y apoyo incondicional durante estos dos años, ya que me mostraron con acciones como mejorar y dar lo mejor de mí no sólo en el ámbito educativo, sino también como persona y futuro gestor.

A mis hermanos, doy gracias por su vida, por esos momentos de alegría juntos y porque son motivación personal para seguir mejorando como ser humano.

A mis amigos, tanto de años atrás como los hechos en estos últimos dos años, gracias por esos momentos de risas dentro y fuera del posgrado.

A mi amigo Milton, el cual se interesó en este proyecto de tesis sin formar administrativamente parte de él; le agradezco por mostrarme una amistad sincera, por preocuparse por mi vida y por mi sanidad.

RESUMEN

La localidad de San Pablo Yaganiza, es de alta marginación y se localiza en la región Sierra Norte del Estado de Oaxaca a 95 km de la capital. Cuenta con un manantial, el cual surte agua suficiente a los habitantes durante casi todo el año, excepto en épocas de estiaje (marzo-junio). El problema surge después de utilizar este recurso, ya que se carece de un sistema para el tratamiento de aguas residuales (AR) y son vertidas en terrenos comunales, representando un foco de contaminación, tanto para el medio ambiente como para la comunidad. Para dar atención a esta problemática el objetivo de la tesis fue contribuir al saneamiento comunitario mediante la gestión de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) y de esta forma, fortalecer el desarrollo social de la comunidad con base en un proceso de participación comunitaria. Para el proyecto de intervención se consideró el enfoque de sistemas, considerando tres elementos principales: el técnico, el ambiental, y el social. Aunque los tres elementos son igualmente importantes, en la parte social es fundamental el cambio de conciencia que se requiere en las personas o actores involucrados, buscando relaciones estables basadas en la confianza, la reciprocidad y la cooperación de la comunidad en pro del desarrollo social. Se utilizó como guía general una metodología de gestión para proyectos sociales basada en cuatro fases principales: el diagnóstico, el diseño, la aplicación y la evaluación. El diagnóstico permitió la identificación del problema y fue realizado aplicando técnicas participativas. El diseño y la implementación se enfocaron a la gestión social y técnica a partir del diagnóstico, que derivaron en la planeación de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR). Esta planeación consideró acciones de tipo educativo, talleres participativos de sensibilización y concientización, la elaboración de una unidad de aprendizaje, material didáctico y la entrega de un manual gráfico de operación para la planta de tratamiento, para favorecer la apropiación del sistema. Finalmente se realizó la evaluación de indicadores sociales, ambientales y económicos, los resultados indicaron un fortalecimiento del desarrollo social, basado en el análisis de la cohesión y capital social y el impacto social a corto, mediano y largo plazo. Se concluye que, con la participación de la sociedad, un acompañamiento técnico y el financiamiento necesario, el éxito de proyectos de desarrollo es posible. Se espera que el STAR contribuya al saneamiento de San Pablo Yaganiza por el fortalecido círculo social existente. Los habitantes son conscientes de que su participación es necesaria, no solo para el éxito de proyectos de este tipo, sino para cualquier emprendimiento que se realice.

Palabras Clave: Capital social, Contaminación, Gestión, Participación comunitaria, Saneamiento.

ABSTRACT

The town of San Pablo Yaganiza is highly marginalized and is located in the Sierra Norte region of Oaxaca and at 95 km from the capital. It has a spring, which supplies enough water to residents for most of the year, except in times of drought (March to June). The problem arises after using this resource, since it lacks a system for wastewater treatment and are discharged into communal lands, representing a source of contamination for both the environment and the community. To give attention to this problem, the aim of the thesis was to contribute to community sanitation by managing a System of Wastewater Treatment (STAR) and through this, strengthen the social development of the community based on a process of community participation. The intervention project considered the systems approach, taking into account three main elements: technical, environmental, and social. Although all three elements are equally important, in the social part it is fundamental the change of consciousness required in people or stakeholders, seeking stable relationships based on trust, reciprocity and community cooperation for social development. It was used as a general guide, a management methodology for social projects based on four main phases: diagnosis, design, implementation and evaluation. The diagnosis allowed the identification of the problem and was conducted using participatory techniques. The design and implementation focused on the social and technical management from diagnosis, which led to the planning of a System Wastewater Treatment (STAR). This planning considered educational actions, participatory workshops and awareness raising, the development of a learning unit, training materials and delivering a graphic operating manual for the treatment plant to favor the appropriation of the system. Finally the evaluation of social, environmental and economic indicators was performed, the results indicated a strengthening of social development, based on the analysis of cohesion and social capital, and social impact in the short, medium and long term. It is concluded that, with the participation of society, technical support and the necessary funding, the success of development projects is possible. STAR is expected to contribute to the sanitation of San Pablo Yaganiza due to strengthened existing social circle. The people are aware that their participation is necessary not only for the success of projects like this, but to any undertaking that is made.

Key Words: Social capital, Pollution, Management, Community participation, Sanitation.

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Desarrollo histórico del tratamiento de aguas con residuos, siglo XIX.....</i>	<i>6</i>
<i>Tabla 2. Desarrollo histórico del tratamiento de aguas con residuos, siglo XX.....</i>	<i>6</i>
<i>Tabla 3. Principales constituyentes de interés en el tratamiento de aguas residuales.</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 4. Niveles de tratamiento del agua residual.</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 5. Principales enfermedades transmitidas por el agua.</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 6. Tipos de contaminantes que afectan ecosistemas de agua dulce.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 7. Modelo de evaluación final.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 8. Costos potenciales debido al vertido directo de AR en el medio ambiente.</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 9. Población económicamente activa según sector económico.</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 10. Servicios públicos de la comunidad.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 11. Referencias del mapa de la comunidad de San Pablo Yaganiza.</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 12. Resultados de la entrevista semiestructurada.</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 13. Caracterización de aguas residuales de San Pablo Yaganiza.</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 14. Temas y subtemas de las dos sesiones de la unidad de aprendizaje.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 15. Matriz de análisis y evaluación de indicadores.</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 16. Valoración y significado de la escala.</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 17. Cronograma de actividades.</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 18. Porcentajes de participación e incidencia de los alumnos.</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 19. Participación de actores en el proyecto.</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 20. Matriz de análisis y evaluación de indicadores de las acciones de intervención.</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 21. Niveles de impacto social del proyecto.</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 22. Variables para el ICCS.</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 23. Valoración de indicadores ambientales del proyecto.</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 24. Valoración de indicadores económicos del proyecto.</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 25. Procedimiento para la gestión de una PTAR.....</i>	<i>87</i>

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Reconstrucción del sistema de alcantarillado de Roma.</i>	5
<i>Figura 2. Letrina pública romana en la ciudad de Ostia.</i>	5
<i>Figura 3. Aguas residuales en México.</i>	7
<i>Figura 4. Plantas de tratamiento en el Estado de Oaxaca.</i>	9
<i>Figura 5. Contaminación del arroyo que pasa por el centro de la comunidad.</i>	11
<i>Figura 6. Arroyo que conduce aguas contaminadas para conectarse con el río Cajonos.</i>	11
<i>Figura 7. Contenedor de aguas residuales cuya capacidad ha sido sobrepasada.</i>	11
<i>Figura 8: Pequeño escurrimiento con aguas contaminadas que atraviesa la comunidad.</i>	14
<i>Figura 9: El agua colectada en el drenaje sanitario actual termina acumulándose.</i>	14
<i>Figura 10. Grado de marginación por municipio.</i>	15
<i>Figura 11. Rezago social a nivel municipal en Oaxaca.</i>	20
<i>Figura 12. Gráfica del gasto público en Desarrollo social en el Estado de Oaxaca.</i>	21
<i>Figura 13. Contaminantes del agua.</i>	24
<i>Figura 14. Crecimiento de la población y uso de agua dulce.</i>	26
<i>Figura 15. Vías de transmisión y ejemplos de agentes patógenos relacionados con el agua.</i>	28
<i>Figura 16. Clasificación de las aguas según su origen.</i>	30
<i>Figura 17. Diagrama del STAR.</i>	34
<i>Figura 18. Principios básicos para el tratamiento de aguas residuales.</i>	35
<i>Figura 19: La Escalera de la participación.</i>	38
<i>Figura 20. Modelo sistémico de la evaluación.</i>	43
<i>Figura 21. Distribución de la población según edad y sexo.</i>	45
<i>Figura 22. Mapa de ubicación del municipio de San Pablo Yaganiza en el Estado.</i>	47
<i>Figura 23: Relieve y corrientes de agua del municipio de San Pablo Yaganiza.</i>	48
<i>Figura 24: Representación de los tipos de clima del municipio de San Pablo Yaganiza.</i>	49
<i>Figura 25: Tipos de material encontrados en el municipio de San Pablo Yaganiza.</i>	50
<i>Figura 26: Tipo de suelo del municipio de San Pablo Yaganiza.</i>	50
<i>Figura 27: Vegetación del municipio de San Pablo Yaganiza.</i>	51
<i>Figura 28. Organización del municipio de San Pablo Yaganiza.</i>	53
<i>Figura 29: Vías de comunicación del municipio de San Pablo Yaganiza.</i>	55
<i>Figura 30. Diagrama metodológico.</i>	56
<i>Figura 31. Mapa de la comunidad de San Pablo Yaganiza.</i>	64
<i>Figura 32. Imagen de una herramienta utilizada en el primer taller de participación.</i>	65
<i>Figura 33. Participación de las personas en los talleres.</i>	65
<i>Figura 34. Taller de sensibilización con la participación de miembros de la comunidad.</i>	66
<i>Figura 35. Aplicación de cuestionarios semi-estructuradas a personas de la comunidad.</i>	66
<i>Figura 36. Gráfica de valoración cualitativa inicial de la población.</i>	67
<i>Figura 37. Grupos de trabajo comunitario.</i>	69
<i>Figura 38. Proceso de diseño de la PTAR.</i>	72
<i>Figura 39. Proceso de financiamiento seguido para proyectos de comunidades.</i>	73

<i>Figura 40. Vista de las estructuras construidas para el proceso de tratamiento.</i>	<i>75</i>
<i>Figura 41. Adaptación de las estructuras construidas al entorno.</i>	<i>75</i>
<i>Figura 42. Etapa final del proceso de tratamiento para la comunidad de San Pablo Yaganiza.</i>	<i>75</i>
<i>Figura 43. Participación breve para identificación y funcionamiento del sistema.</i>	<i>76</i>
<i>Figura 44. Práctica de formación ambiental </i>	<i>76</i>
<i>Figura 45. Curso-taller con jóvenes de la telesecundaria de San Pablo Yaganiza.</i>	<i>77</i>
<i>Figura 46. Actividad práctica del curso-taller sobre cuidado del agua.</i>	<i>77</i>
<i>Figura 47. Biofiltro terminado por los jóvenes de San Pablo Yaganiza.</i>	<i>77</i>
<i>Figura 48. Participación en la asamblea comunitaria.</i>	<i>78</i>
<i>Figura 49. Inicio del taller de concientización con miembros de la comunidad.</i>	<i>79</i>
<i>Figura 50. Participación en el taller de concientización.</i>	<i>79</i>
<i>Figura 51. Ejemplo de la señalización instalada en la PTAR para cada elemento.</i>	<i>80</i>

INTRODUCCIÓN

El ser humano necesita agua para casi todas sus actividades cotidianas, entre 50 y 100 litros son suficientes según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2010). Paralelamente a la satisfacción de necesidades básicas, se ocasiona la contaminación del recurso hídrico por medio de aguas residuales (AR) sin tratar de origen doméstico, comercial o industrial. Actualmente existen tecnologías y métodos para tratamiento de las AR, capaces de revertir su nivel de contaminación lo suficiente para poder regresarlas al medio ambiente, con la seguridad de que no representarán un peligro para el mismo.

En las comunidades del Estado de Oaxaca, debido al bajo índice de industrias y comercios, las AR se conforman por las aguas servidas de uso doméstico. La comunidad de San Pablo Yaganiza no es la excepción, ya que no cuenta con industria alguna y la cantidad de servicios y comercios disponibles (tiendas, misceláneas, cenadurías, ferreterías, etc.) son de bajo régimen (INEGI, 2010). Esta comunidad, pertenece al Distrito de Villa Alta, Oaxaca y se encuentra clasificada como de alta marginación (CONAPO, 2012).

En el presente trabajo se plantea la problemática de la contaminación del agua de una manera integral, incluyendo la situación actual desde el punto de vista global -para recuperar la calidad del recurso hídrico- y local -donde la salud de las comunidades y del medio ambiente se ve afectada por el mal manejo de aguas residuales sin tratamiento-. Esta intervención se considera a partir de la caracterización de la comunidad y la aplicación de técnicas de participación comunitaria para proponer una alternativa consensada, que permita la operación eficiente de un sistema para el tratamiento de AR.

El objetivo principal de este proyecto de tesis, es contribuir al saneamiento comunitario mediante la gestión de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) y de esta forma, fortalecer el desarrollo social de la comunidad. El enfoque de sistema se refiere a considerar como elementos el aspecto Técnico, la interrelación con los aspectos ambiental y social en la solución al problema. Se considera parte fundamental del STAR, la integración y participación comunitaria para resolver la problemática mediante la implementación de acciones que incidan en aspectos ambientales y educativos orientados al saneamiento. El concepto de saneamiento visualiza la optimización en el uso del agua, no mezclar las aguas residuales, la reconversión de sólidos, etc.

La gestión del proyecto plantea una metodología basada en cuatro etapas principales: diagnóstico, diseño, aplicación y evaluación. En el Capítulo 1 se menciona el deterioro de los ecosistemas causado por la contaminación y el desarrollo social como indicador internacional de calidad de vida; se expone la evolución en el tratamiento de aguas

residuales; se describe la situación actual de las plantas de tratamiento a nivel Nacional y Estatal y de la red de drenaje en la comunidad; todo esto como marco de la problemática general y particular para exponer enseguida la justificación del proyecto y los objetivos, haciendo énfasis en una solución integral o sistémica, que aborde los ejes de la sostenibilidad y del desarrollo solidario. En el Capítulo 2 se aborda el marco referencial, teórico y metodológico, sobre el tema de desarrollo social, el tratamiento del agua residual y los factores que inciden en él, así como el STAR con enfoque sistémico. También se dan algunos referentes del marco normativo internacional y nacional y las diferentes fases del abordamiento metodológico. En el Capítulo 3 se expone la descripción de la zona de trabajo o marco de referencia contextual, abordando los aspectos sociodemográfico, morfológico, socioeconómico, ambiental, cultural, político y social de la comunidad de trabajo, lo cual es importante para la definición de estrategias y acciones del proyecto de intervención. En el Capítulo 4 se describe el proceso metodológico de la intervención, así como las metodologías aplicadas, detallando las fases de ejecución del proyecto, desde el diagnóstico hasta la evaluación de la intervención. En el Capítulo 5 se presentan los resultados de cada fase y la discusión de los mismos; y en el Capítulo 6 las conclusiones y recomendaciones.

El STAR planteado, pretende contribuir a: proteger la salud pública; evitar la degradación o la contaminación al medio ambiente receptor (flora, fauna, suelo, agua y aire); reducir los costos de tratamiento, mediante la retención de aguas y sólidos cerca de su punto de generación. Todas estas acciones, tienden a fortalecer el desarrollo social de una comunidad de alta marginación y como proceso de gestión, puede ser replicable a otras comunidades en condiciones similares.

1. ANTECEDENTES

1.1. DESARROLLO SOCIAL

Desde 1992, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (también conocida como la Cumbre por la Tierra) se habló de una grave crisis económica a nivel mundial que estaba generando un gran deterioro de la calidad de vida de la población, tanto del medio rural como de los centros urbanos. Este suceso redujo la capacidad de inversión del sector público en el mantenimiento, operación y ampliación de los sistemas de riego, agua potable y saneamiento básico; tanto en la preservación y conservación del medio ambiente, como en los programas de desarrollo. Simultáneamente se asiste a un creciente deterioro de los ecosistemas debido a la explotación inadecuada de las fuentes, dilapidación y contaminación de los recursos naturales productores de agua, así como por las formas irracionales de consumo y generación de desperdicios. Todo esto se suma a políticas públicas que atienden prioritariamente a intereses privados, que ven la explotación de los recursos hídricos desde una perspectiva inmediatista (CNUMAD, 1992).

De acuerdo con la ONU, la parte fundamental para garantizar el mejoramiento de la calidad de vida es el desarrollo social. Para poder evaluarlo, es necesario utilizar el Índice de Desarrollo Social (IDS), ya que este indicador permite evaluar si las personas de un lugar tienen acceso a diferentes estructuras de oportunidades para desarrollar sus capacidades durante el transcurso de su vida (Estrella, 2014). Es importante mencionar que el CONAPO (2012) hace referencia a las capacidades básicas que debe tener un individuo a lo largo de su vida, para tener mejores oportunidades de desarrollo y mejor calidad de vida:

- Vida digna y saludable.
- Adquirir conocimientos e información.
- Condiciones adecuadas para estudiar y formarse.
- Condiciones adecuadas de inserción laboral.
- Redes de protección social.
- Nivel de vida digno.
- Vivienda digna.

La ONU sostiene que el desarrollo social es todos sus aspectos, es un desafío tanto para los países en desarrollo como para los países desarrollados. Todos los países enfrentan en mayor o menor grado los problemas de desempleo, de fragmentación social y de pobreza persistente (Estrella, 2014).

Mientras la población mundial se triplicó en el siglo XX, las extracciones de agua se sextuplicaron, por lo que aumentó el grado de presión sobre los recursos hídricos. Al año 2011, solo el 64% de la población mundial y el 57% de la población en vías de desarrollo tenía acceso a servicios de saneamiento mejorados y aproximadamente 2500 millones de personas no disponían de ese beneficio. A nivel mundial existen problemas de salud muy graves, por ejemplo: estadísticas de la OMS (2011) indican que en el mundo anualmente mueren aproximadamente 1.5 millones de niños por enfermedades diarreicas (el cólera, la tifoidea y la disentería). La mayor parte de las muertes por causa de estas enfermedades se podría evitar con acciones en los temas de agua potable, alcantarillado y saneamiento, pues se estima que el 88% de los casos de diarrea se ocasionan por agua contaminada, saneamiento inadecuado y malos hábitos de higiene (CONAGUA, 2014).

Las aguas residuales sin tratamiento no solo están afectando a los ecosistemas, también están poniendo en riesgo la salud y la vida de todos los seres vivos (CONAGUA, 2011).

1.2. EVOLUCIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En las primeras etapas del desarrollo de la vida humana no se tomaban en cuenta ni la cantidad ni la calidad del agua. Las antiguas civilizaciones no disponían de otros criterios más que la transparencia, el olor o el sabor para decidir sobre la calidad de este recurso (CONAGUA, 2015).

Desde las civilizaciones más antiguas hasta las modernas, el recurso hídrico es reconocido como el factor más importante para el desarrollo de comunidades humanas. Villas, pueblos y ciudades se han edificado desde hace más de dos mil años tratando siempre de acercarse lo más posible a una fuente de agua, creando sistemas para el abastecimiento y eliminación del agua residual de sus núcleos (Heyer, 2008).

Los tratamientos de agua han estado íntimamente relacionados con la salud y la evolución de los conocimientos médicos. Algunos autores escribieron (CONAGUA, 2015):

- Hipócrates (460 – 354 a.C.), “Quiero explicar, a propósito de las aguas, cuales son malsanas, cuales muy saludables, y cuantos males y bienes es natural que se produzcan a causa del agua”. Aunque sus teorías son empíricas y contienen errores importantes, aporta un enfoque novedoso para su época.
- Sextus Julios Frontinus (40 – 103 d.C.), en su libro “De Aquis Urbis Romanae” ofrece una precisa historia y descripción del suministro de agua a Roma, incluyendo las leyes referentes a su uso y mantenimiento.
- Maimónides (Córdoba 1138 – Fustat, Egipto, 1204), “Es bueno beber agua dulce, clara y luminosa, libre de todo olor, agua fresca obtenida en el mismo día. Es

importante que el agua sea hervida un poco y sea bebida después de enfriarse, porque en este caso en mucho menos peligrosa y pierde su efecto perjudicial...”.

Los métodos de disposición de residuos se remontan a la antigüedad y se han encontrado instalaciones de alcantarillado en lugares prehistóricos de Creta y en las antiguas ciudades asirias. Las canalizaciones de desagüe construidas por los romanos todavía funcionan en nuestros días (Figura 1 y 2). Aunque su principal función era el drenaje del agua, la costumbre romana de arrojar los desperdicios a las calles significaba que junto con el agua de las escorrentías viajaban cantidades considerables de materia orgánica (CONAGUA, 2015).

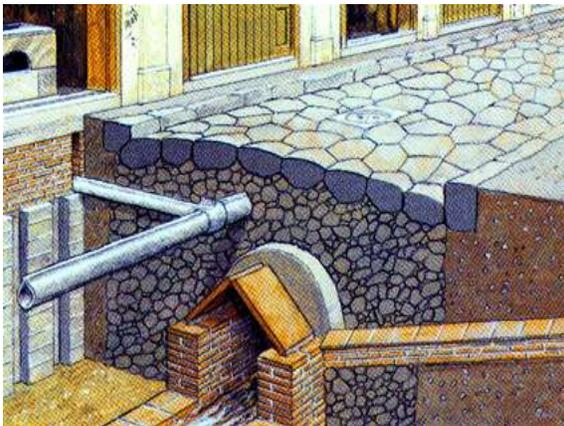


Figura 1. Reconstrucción del sistema de alcantarillado de Roma. Fuente: Connolly (1998).



Figura 2. Letrina pública romana en la ciudad de Ostia¹.

Con la introducción del abastecimiento de agua y la instalación de cañerías en las casas, llegaron los primeros sistemas sanitarios modernos. La invención del retrete en el año de 1775 cambió drásticamente las prácticas de disposición de los desechos, con el uso de ellos, se comenzaron a usar los sistemas naturales de drenaje y los alcantarillados pluviales para conducir los residuos fuera de las ciudades. Al principio estuvo prohibido arrojar desperdicios en ellos, pero en el siglo XIX se aceptó que la salud pública podría salir beneficiada si se eliminaban los desechos urbanos a través de los desagües. Estos sistemas, a pesar de que representaban un desperdicio del recurso y un elevado precio, fueron adoptados por muchas las ciudades (CONAGUA, 2015).

Fue hasta el siglo XVIII cuando se retomó el interés por dotar de agua saludable y de buena calidad a la población. Las grandes epidemias de cólera o tifus aceleraron los avances científicos técnicos, y fomentaron la extensión de los procesos de tratamiento, que comenzaron a ser obligatorios en algunos lugares. A fines del siglo XIX (Tabla 1), se desarrollaron las primeras propuestas usadas en el tratamiento de las aguas con residuos. Esto se desarrolló en consecuencia de la relación establecida entre la contaminación de los cursos y cuerpos de agua y las enfermedades de origen hídrico (CONAGUA, 2015).

Tabla 1. Desarrollo histórico del tratamiento de aguas con residuos, Siglo XIX.

Fecha	Desarrollo
1762	Precipitación química de aguas residuales – Reino Unido
1860	Dispositivo de Mouras. Tratamiento anaerobio de agua con residuos solidos
1865	Experimentos sobre microbiología de digestión de lodos – Reino Unido
1868	Investigaciones sobre filtración intermitente – Reino Unido
1870	Filtración en arena de aguas usadas – Reino Unido
1876	Primeras fosas sépticas – USA
1882	Experimentos sobre aeración de alcantarillas – Reino Unido
1884	Introducción de las rejillas de desbaste – USA
1887	Estación experimental de Lawrence para el estudio de agua y aguas con residuos – Massachusetts, USA
1887	Primera planta de precipitación química – USA
1889	Filtración de lechos de contacto – Massachusetts, USA
1891	Digestión de lodos – Alemania
1895	Recolección de metano de fosas sépticas y su empleo en alumbrado – R.U.
1898	Molinete hidráulico para filtros percoladores – Reino Unido

Fuente: CONAGUA (2015).

En Inglaterra, después de la epidemia del cólera de mitad del siglo XIX, se inició la construcción de los sistemas de alcantarillado, pero el tratamiento de aguas con residuos recibió poca atención. Con la finalidad de evitar problemas de salud, se idearon y llevaron a la práctica nuevos métodos de tratamiento intensivo (Tabla 2). Se estudió la precipitación química, digestión de fangos, filtración intermitente en arena, filtración de lechos de contacto, aeración de aguas residuales y finalmente en 1912 se desarrolló el proceso de lodos activados (CONAGUA, 2015).

Tabla 2. Desarrollo histórico del tratamiento de aguas con residuos, Siglo XX.

Fecha	Desarrollo
1904	Empleo de desarenadores – USA
1904	Fosa séptica Travis de dos pisos – Reino Unido
1904	Tanque Imhoff – Alemania
1906	Cloración de aguas con residuos – USA
1911	Aplicación de tanques Imhoff – USA
1911	Digestión separada de lodos – USA
1914	Tratamiento de aguas residuales por lodos activados – USA
1916	Primera planta municipal de lodos activados – USA
1925	Aeración por contacto – USA
1948	Primera laguna de estabilización – Dakota del Norte, USA
1960	Primera estabilización de Biodiscos – Alemania

1970	Desarrollo de los Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente – Holanda
1970	Desarrollo de Humedales Artificiales en el tratamiento de agua – Alemania

Fuente: CONAGUA (2015).

1.3. PLANTAS DE TRATAMIENTO EN MÉXICO

En México se generan 6.7 miles de millones de metros cúbicos de AR anualmente y según datos del año 2010 (CONAGUA, 2011), a nivel nacional se colectaban mediante los sistemas de alcantarillado solo el 89.9% de las AR generadas y únicamente recibían tratamiento el 43.4% de las AR colectadas (Figura 3).

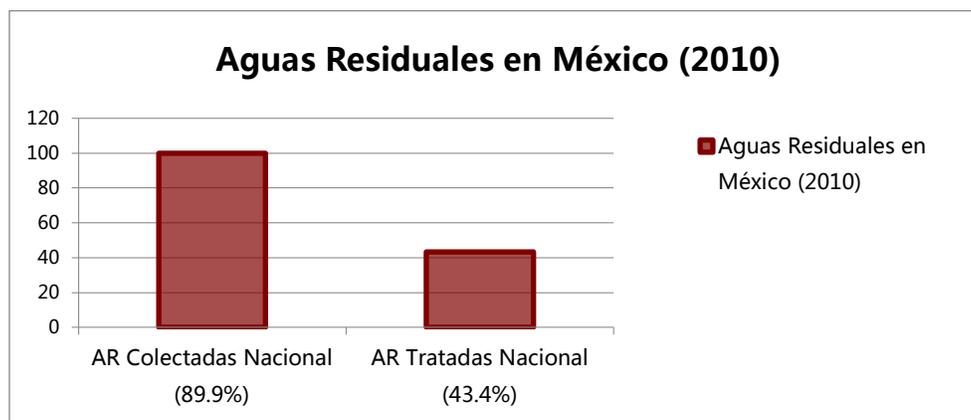


Figura 3. Aguas Residuales en México. Fuente: CONAGUA (2011).

Las tecnologías para el tratamiento de agua más utilizadas en México corresponden a las lagunas aerobias y los lodos activados, sin embargo, se podrían introducir nuevas tecnologías, como el tratamiento anaerobio, cuyo costo de operación y mantenimiento son más bajos que los sistemas aerobios (Noyola, 2010).

En los próximos años, el principal problema para asegurar la calidad del agua en el país será la falta de infraestructura de tratamiento de las aguas residuales; como estrategias de solución, se considera prioritario estimular la innovación en los sistemas y tecnologías en localidades medianas y rurales, así como transparentar el uso de recursos públicos destinados a estas materias. Las aguas residuales deben recibir el tratamiento requerido antes de su disposición al cuerpo receptor de aguas nacionales (CONAGUA, 2011).

Una nota técnica del Banco Interamericano de Desarrollo, hace referencia al problema de México respecto al tratamiento de las aguas residuales y menciona que una causa es la falta de coordinación entre usuarios y autoridades de las comunidades, aunado a la falta de un adecuado tratamiento y reúso de las AR generadas. Esto conduce a la sobre explotación del recurso hídrico, la contaminación de ecosistemas, la degradación de los suelos y a un impacto negativo sobre la seguridad alimentaria. Ante esta problemática, el

saneamiento de las AR adquiere más importancia para asegurar su recolección, conducción, tratamiento y adecuada disposición en los cuerpos receptores, en condiciones que no perjudiquen al medio ambiente y la salud de la población (De la Peña, 2013), y su posible reutilización.

A pesar de que han pasado algunos años desde que se dieron las primeras preocupaciones ambientales, hoy en día siguen en aumento muchos problemas debido a la contaminación del agua. En el Estado de Oaxaca, hasta el año 2012 existía una cobertura de agua potable del 79.2%, de alcantarillado del 71.4% y el porcentaje de aguas que recibían algún tipo de tratamiento antes de ser devueltas al ambiente solo alcanzaba el 39.8%. (CONAGUA, 2013). Hoy en día estas cifras no han tenido un cambio radical, la problemática de la contaminación del agua sigue siendo un tema que necesita soluciones integrales que incidan en aspectos ambientales, sociales y económicos.

1.4. PLANTAS DE TRATAMIENTO EN OAXACA

Hasta el 2012, el 90 % de las plantas de tratamiento de aguas residuales que existen en todo el Estado de Oaxaca no funcionan. Este informe fue dado por parte del Director de la Comisión Estatal del Agua (CEA), quien indicó que aunque existen 120 plantas de tratamiento, únicamente se encuentran operando 12 de ellas².

La información presentada por el Director de CEA muestra mejora en la presentada por la CONAGUA en su “Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Diciembre 2014”, documento en el cual menciona que el Estado de Oaxaca cuenta con 69 plantas en operación con una capacidad instalada de 1520.5 lt/s y tratando un caudal de 995.1 lt/s³. El nivel generado de AR a nivel estatal se estima en 2500 lt/s, lo que indica un bajo porcentaje de cobertura de tratamiento. Aunque se observa un incremento en la cantidad de plantas de tratamiento en operación, los datos recabados por la CONAGUA al año 2012, presentan que generan 78.8 millones de m³ de aguas residuales anualmente, por lo que el caudal tratado apenas pasa del 39% de las aguas residuales generadas (Figura 4), ocasionando la contaminación del medio ambiente (CONAGUA, 2013).

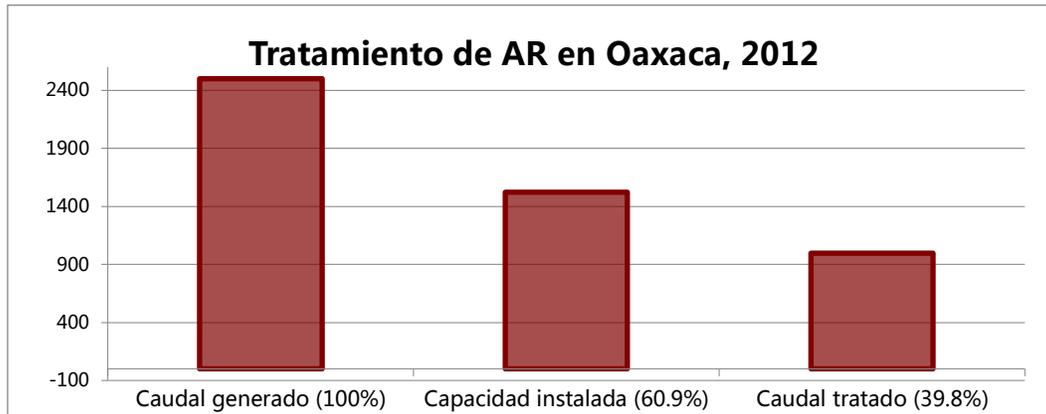


Figura 4. Plantas de tratamiento en el Estado de Oaxaca. Fuente: CONAGUA (2013).

Las razones principales de este bajo nivel de operación se deben no solo a falta de infraestructura, sino a problemas generados en la ya existente. Muchas plantas de tratamiento se encuentran abandonadas debido a problemas técnicos, ambientales, sociales, económicos y legales, tales como²:

Técnicos:

- Colapso de las estructuras que las conforman.
- Falta de conclusión de los trabajos debido a insuficientes recursos.
- Capacitación deficiente a los operadores.
- Falta de mantenimiento debido a deficiencias de personal técnico.
- Fallas en la operación del sistema.
- Falta de mantenimiento a equipos electromecánicos.

Ambientales:

- Daños severos debido a lluvias extraordinarias.
- Falta de consideración de avenidas y tiempos de retorno en el diseño.
- Deterioro por humedad y cambios extremos de clima.

Sociales:

- Abandono debido a cambios políticos.
- Desinterés gubernamental.
- Uso inadecuado del drenaje.

Económicos:

- Falta de pago de la energía eléctrica.

Legales:

- Falta de autorizaciones en materia de impacto ambiental.
- Falta de permisos de descarga.

Existen cuatro zonas que son fuentes altamente contaminantes de suelo y agua en el estado debido a la falta de tratamiento de las aguas residuales: Juchitán, Puerto Escondido, Puerto Ángel y la Ciudad de Oaxaca con las zonas conurbadas (Ánimas Trujano, San Agustín de las Juntas, San Agustín Yatareni, San Andrés Huayapam, San Antonio de la Cal, San Bartolo Coyotepec, San Felipe del Agua, San Jacinto Amilpas, San Lorenzo Cacaotepec, San Pablo Etlá, San Sebastián Tutla, Santa Cruz Amilpas, Santa Cruz Xoxocotlan, Santa Lucía del Camino, Santa María Atzompa, Santa María Coyotepec, Santa María del Tule, Santa Rosa Panzacola, Santo Domingo Tomaltepec, Tlaxiátlac de Cabrera, Villa de Zaachila)².

En el caso de Putla Villa de Guerrero la planta de tratamiento ha presentado serios problemas durante su funcionamiento y como muchas de otras ha dejado de operar y se convierte en infraestructura obsoleta con el paso del tiempo (Castañeda, 2014).

1.5. RED DE DRENAJE SANITARIO EN SAN PABLO YAGANIZA

La comunidad de San Pablo Yaganiza utiliza actualmente un sistema de alcantarillado sanitario, construido por los usuarios, para resolver su necesidad inmediata de evacuar las aguas residuales.

Debido a que para su construcción no se llevaron a cabo estudios técnicos, la red de tuberías se encuentra dividida en dos partes, y ninguna de ellas cuenta con un proceso para eliminar los contaminantes del agua. Por una parte, la sección oeste de la población recolecta sus aguas y las vierte directamente a un arroyo que pasa en medio de la comunidad (Figuras 5 y 6). Este arroyo es afluente del río Cajonos, por lo cual, la contaminación se extiende aguas abajo.



Figura 5. Contaminación del arroyo que pasa por el centro de la comunidad de San Pablo Yaganiza.
Fuente: Jiménez-Juárez, P. (08/11/2014).



Figura 6. Arroyo que conduce aguas contaminadas para conectarse con el río Cajonos aguas abajo.
Fuente: Jiménez-Juárez, P. (08/11/2014).

La sección este conduce las aguas residuales fuera de la comunidad hasta llegar a dos contenedores sépticos de mampostería (Figura 7). Actualmente los tanques se encuentran al límite de su capacidad, por la falta de mantenimiento y de desazolve de los mismos. Esto representa un grave foco de contaminación en donde se ven afectadas las tierras cercanas al punto de descarga y las aguas subterráneas.



Figura 7. Contenedor de aguas residuales cuya capacidad ha sido sobrepasada.
Fuente: Jiménez-Juárez, P. (08/11/2014).

Ante esta situación, la comunidad de San Pablo Yaganiza en el año 2010 comenzó la construcción de un nuevo sistema de alcantarillado sanitario, elaborado con las bases técnicas y normativas necesarias para asegurar que dicho proyecto sea funcional a la comunidad.

Desde que la comunidad comenzó con este proyecto hasta el día de hoy tienen en un 100% el conjunto de tuberías que conforman el sistema de alcantarillado sanitario. Esto ha representado para la comunidad, no solo una inversión de varios millones de pesos a lo largo de estos años, sino un esfuerzo por parte de las autoridades y la población para llevar a cabo su construcción.

Antes de poner en funcionamiento el sistema de alcantarillado sanitario, la normatividad NOM-001-SEMARNAT-1996 (CONAGUA, 2014) exige que la comunidad cuente y tenga construido el conjunto de elementos que llevarán a cabo los procesos de tratamiento de

las aguas contaminadas, con la finalidad de asegurar la remoción de la mayor cantidad de dichas sustancias nocivas, antes de poder devolver las aguas al ambiente.

JUSTIFICACIÓN

La contaminación del agua es ocasionada por la gran cantidad y variedad de contaminantes que los seres humanos emiten en sus actividades diarias. Las aguas residuales sin tratamiento no solo están afectando a los ecosistemas, también están poniendo en riesgo la salud y la vida de todos los seres vivos (CONAGUA, 2011).

En México, la destrucción ambiental ha pasado a ser uno de los temas principales durante las últimas décadas. Los problemas ambientales actuales (degradación de suelos, deforestación, agotamiento y contaminación de los recursos hídricos y pérdida de biodiversidad) pasaron de ser solo datos estadísticos a conformar las líneas de acción de mayor preocupación de todas las naciones. A nivel nacional, menos de la mitad de las aguas residuales (43.4%) que se generan reciben un tratamiento adecuado antes de que lleguen a los cuerpos receptores (CONAGUA, 2011).

El tratamiento de las aguas residuales se ha vuelto en la actualidad una acción esencial para la conservación de los ecosistemas, el cuidado de la salud humana y uno de los pilares para garantizar el desarrollo social de las comunidades.

En el Estado de Oaxaca, la mayoría de las comunidades no cuentan con la infraestructura ni han tenido la capacidad de hacer algo para prevenir la contaminación y el deterioro del recurso hídrico debido al desalojo de sus aguas residuales sin tratamiento (CONAPO, 2012). En la comunidad de San Pablo Yaganiza, en la medida en que se han ido presentando acumulaciones y estancamientos de las aguas residuales, se generan gases de mal olor y focos de infección, debido a la descomposición orgánica y a los numerosos microorganismos causantes de enfermedades que dichas aguas contienen (PMD San Pablo Yaganiza, 2011).

Aunado a lo anterior, los habitantes de la comunidad no han atendido de manera eficaz los problemas mencionados. Algunas razones de esto son:

- la falta de conocimiento y atención al problema,
- la falta de conocimiento sobre el saneamiento básico,
- la carencia de un programa de concientización sobre educación ambiental,
- el mal diseño de su red de drenaje actual y la falta de tratamiento antes de la disposición de aguas al medio ambiente (Figuras 8 y 9).



Figura 8: Pequeño escurrimiento con aguas contaminadas que atraviesa la comunidad en una de sus calles principales.

Fuente: Jiménez-Juárez, P. (08/11/2014).



Figura 9: El agua colectada en el drenaje sanitario actual termina acumulándose al final de la población, formado un estanque de aguas negras.

Fuente: Jiménez-Juárez, P. (08/11/2014).

Las aguas residuales recolectadas pero no tratadas correctamente antes de su eliminación o reutilización, generan una gran cantidad de riesgos para la salud pública, tanto en las proximidades del punto de descarga como a lo largo del recorrido en el medio ambiente receptor. En el Plan Municipal de Desarrollo (PMD) de San Pablo Yaganiza (2011) se tiene identificado un problema de contaminación ambiental del agua que genera:

- mal aspecto de la comunidad,
- generación de focos de infección,
- malos olores y
- contaminación del agua potable para consumo doméstico y agropecuario.

Por lo tanto, se identificó que la comunidad de San Pablo Yaganiza, carece de un manejo adecuado de sus aguas residuales, en el cual se consideren opciones para su tratamiento, disposición final e incluya la participación activa de los usuarios para obtener los mejores resultados.

Una posible solución a este tipo de problema, es buscar alternativas de tratamiento para las aguas contaminadas y una labor de concientización sobre el uso de este recurso, cuya ejecución y operación eficaz, presenten impactos positivos sobre la sociedad y el medio ambiente. Es importante hacer parte del sistema de tratamiento el aspecto social-educativo y no solo el técnico, pues de esta manera se aborda el problema de forma integral, además de fomentar proyectos para la sostenibilidad de los ecosistemas.

En las comunidades de Oaxaca, el CONAPO (2012) coloca a 531 municipios (representando el 73.8% del total de la población), con un grado de marginación en estatus de medio, alto y muy alto (Figura 10). Esto se traduce como un problema estructural de la sociedad, en

donde no están presentes ciertas oportunidades para el desarrollo, ni las capacidades para adquirirlas.

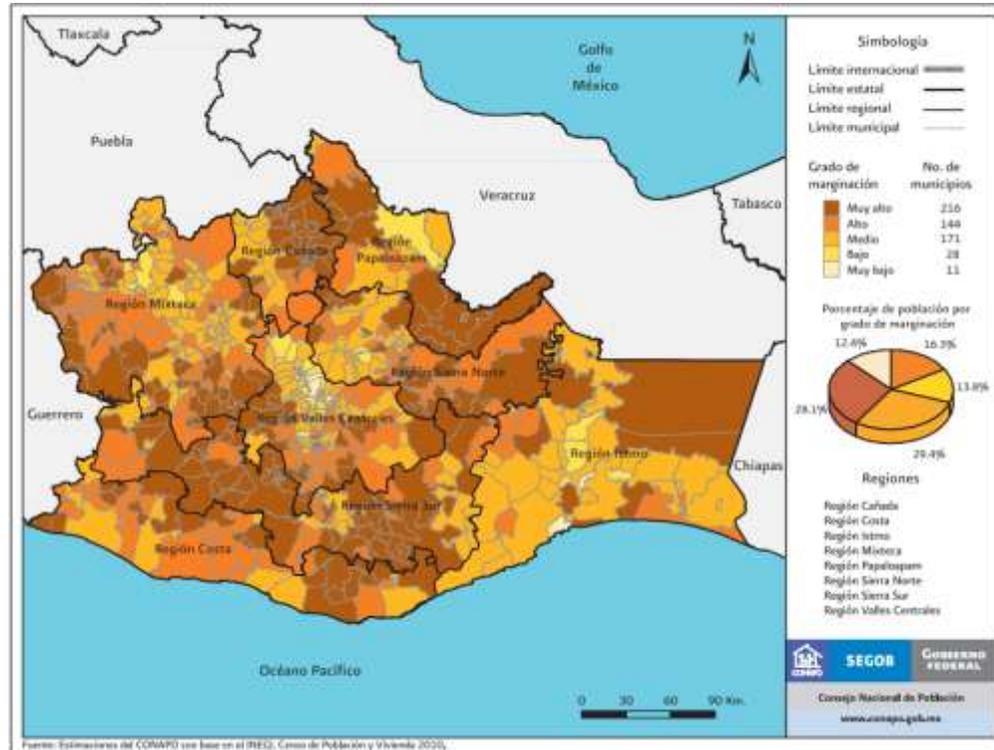


Figura 10. Grado de marginación por municipio. Fuente: CONAPO (2012).

En la actualidad, muchos de los proyectos desarrollados y/o coordinados por autoridades de cualquier tipo (municipal, estatal, federal, etc.) tienden a fracasar o a quedar muy alejados de las metas y/o propósitos iniciales y la causas mucho tienen que ver con la falta de participación real de las personas para quién se hizo el proyecto en primer lugar.

La propuesta de este proyecto con visión sistemática, abordó dos enfoques importantes en la selección y diseño del STAR:

- El primero es un enfoque sostenible con una alternativa de solución al problema actual de contaminación, que promueva la protección a la salud humana y ambiental, con un sistema técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable (Sawyer, 2014).
- El segundo, un enfoque solidario donde la solución al problema no se dé a través de la imposición de una tecnología, sino a través de un proceso de concientización y sensibilización para que la población sea partícipe dentro de su propia realidad y sea capaz de operar adecuadamente el sistema seleccionado.

El tratamiento de aguas residuales puede ser o no visualizado como un sistema. Si no lo es, estaría compuesto por elementos separados y sin conexión entre ellos. Sin embargo, asegurar el saneamiento, depende en gran medida de que tales elementos operen interrelacionados y del conocimiento que se tenga de las interacciones que los afectan. Por esta razón se reconoce que dichos elementos deben actuar como una unidad y como un todo, es decir, como un sistema (Saravia, 1985).

Este proyecto considera como Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) el equilibrio entre tres elementos básicos, los cuales son: la comunidad (social), el proceso de tratamiento (técnico) y el medio ambiente (ambiental). También son importantes otros factores como la viabilidad técnica y económica del proyecto ejecutivo, y la operación del sistema. Estos elementos abordados de manera integrativa darán congruencia al proyecto y pertinencia a la solución del problema.

Por tanto, este sistema no corresponde exclusivamente a la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), sino que la propuesta involucra una serie de acciones de tipo educativo y la aplicación de tecnologías que se adaptan a las necesidades contextualizadas. Además, con este tipo de solución se pretende fortalecer el tejido social en la comunidad para favorecer su desarrollo implícito.

Por lo cual, se deduce que la gestión del agua residual, partiendo de su generación, su tratamiento y disposición final son factores que conducen al desarrollo social de las comunidades. Esto ha sido expuesto en diversos foros internacionales para implementar políticas sociales que promueven la inclusión, el desarrollo, la igualdad de oportunidades y definir estrategias de reducción de la pobreza y equidad⁴.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar la gestión del sistema de tratamiento de aguas residuales para fortalecer el desarrollo social de la comunidad de San Pablo Yaganiza, Villa Alta, Oaxaca, mediante un proceso de participación comunitaria.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar el sitio, la comunidad y el manejo de aguas residuales (AR) de la comunidad de San Pablo Yaganiza, a través de métodos de evaluación diagnóstica que consideren la participación comunitaria, para tener un análisis preliminar del estado actual de la problemática a atender.
2. Determinar la propuesta de saneamiento, mediante el análisis integral de todos los elementos del sistema (tecnología, sociedad y medio ambiente) con un enfoque sostenible y solidario.
3. Fortalecer el saneamiento básico de la comunidad, mediante la participación de los usuarios y autoridades municipales en actividades formativas de sensibilización y concientización, para la apropiación del sistema.
4. Proponer una metodología para la gestión de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), con base en los resultados de la evaluación del STAR propuesto.

ALCANCE DEL PROYECTO

Este proyecto pretende ser un primer paso hacia el fortalecimiento del desarrollo social a través del saneamiento y la participación comunitaria. Este caso se centró en la gestión de un Sistema que incluye tres elementos principales: social, ambiental y tecnológico, cuya interacción permitió lograr que el tratamiento de las aguas residuales se logre a través de la apropiación de la tecnología y la concientización de los usuarios. En específico, la Gestión realizada con la participación de la comunidad, fue un cambio a lo que generalmente se realiza en los proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales, esta incluyó:

- En primer lugar, la evaluación diagnóstica de la comunidad y el manejo de sus aguas residuales como punto de partida, realizada durante los primeros meses del año 2015 fomentando la participación por parte de la comunidad.
- En segundo lugar, el diseño de un plan de intervención para la implementación o puesta en marcha del sistema, y en forma paralela el acompañamiento en la gestión económica y financiera. En la planeación de las actividades es indispensable el apoyo y coordinación por parte de la autoridad municipal.
- En tercer lugar, la puesta en marcha de las actividades que fomentaron la conciencia social y ambiental de las personas, y punto de apoyo para la apropiación de la tecnología construida.
- La evaluación como proceso de gestión implementado con los indicadores relevantes y pertinentes.
- Finalmente, poner en operación el STAR no solo significa que las personas puedan conectar sus AR a la PTAR, si no que se refiere a sentar la bases del cambio para un buen manejo del recurso hídrico desde los hogares, el incremento de la participación y la confianza de las personas en proyectos de este tipo y una conciencia ambiental enriquecida y reflejada en el saber de las personas.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. DESARROLLO SOCIAL

El Desarrollo Social implica una evolución o cambio positivo en las relaciones de individuos, grupos e instituciones en una sociedad. Ha sido uno de los pilares de las Naciones Unidas desde su fundación y está estrechamente vinculado con el desarrollo económico. La ONU ha hecho hincapié en el desarrollo social como parte fundamental para garantizar el mejoramiento de la vida de todas las personas⁵.

Se refiere principalmente a Desarrollo Económico y Humano y su proyección a futuro es el Bienestar social; el cual ha adquirido una creciente importancia en los últimos años debido a sus relaciones con la salud cívica, el capital social y muy especialmente con la salud mental. El bienestar social ha sido definido como “la valoración que hacemos de las circunstancias y el funcionamiento dentro de la sociedad” (Páez, 2008).

El Desarrollo Social incide directamente en los siguientes temas de trabajo:

- Educación
- Medio ambiente y el desarrollo
- Población
- Derechos humanos
- Asentamientos humanos
- Infancia
- Igualdad, el desarrollo y la paz
- Alimentación

La ONU ha apoyado los esfuerzos de los gobiernos por hacer llegar a toda la población, los servicios sociales de salud, educación, planificación de la familia, vivienda y saneamiento, además de elaborar modelos para programas sociales que integran los aspectos sociales, económicos, ambientales y culturales del desarrollo⁵. Esta organización menciona en “Nuevas iniciativas en pro del desarrollo social” que uno de los objetivos prioritarios de la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Social es la mejora del acceso al agua potable y al saneamiento; así como la incorporación una perspectiva de género en todas las actividades.

Y en el segundo compromiso que es erradicar la pobreza en el mundo, como imperativo ético, social, político y económico con la humanidad, mediante una acción nacional enérgica y la cooperación internacional: se plantea el acceso a programas de educación en materia de salud, abastecimiento de agua pura y servicios adecuados de saneamiento.

A nivel nacional, de acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Social y datos de CONEVAL (SEDESOL, 2015), el rezago social es multidimensional, estableciendo como indicadores de carencias sociales los siguientes: Rezago educativo, Carencia por acceso a los servicios de salud, Carencia por acceso a la seguridad social, Carencia por calidad y espacios en la vivienda, Carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda y Carencia por acceso a la alimentación.

De acuerdo con el “Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social” (SEDESOL, 2015) del Estado de Oaxaca, en 2014 se reportó un 58% de Carencia por servicios básicos en la vivienda, que correspondía al 60% aproximadamente del número total de habitantes (3,967,889).

Según este informe, en 2015, el 24% de habitantes del Estado no tenían acceso a servicio de drenaje y en consecuencia, a ningún tipo de tratamiento de las aguas residuales; el 3.2% no dispone de sanitario y el 12.8% no dispone de servicio de agua entubada. En este año también se reporta un 55.5% de carencia por servicios básicos en la vivienda, aunado a un 20.9% de carencia en servicios de salud, lo cual indica que cerca de un 21% de la población está en riesgo ante problemas relacionados con el saneamiento básico y la salud. Según datos censales, la población no derechohabiente a servicios de salud ascendió a 1,637,908 personas, de las cuales, 46.2 % se encontró en las zonas de atención prioritaria (ZAP) urbanas, el 42.3 % en los municipios con los dos grados más altos de rezago social (Figura 11) y 62.1 % en ZAP rurales.

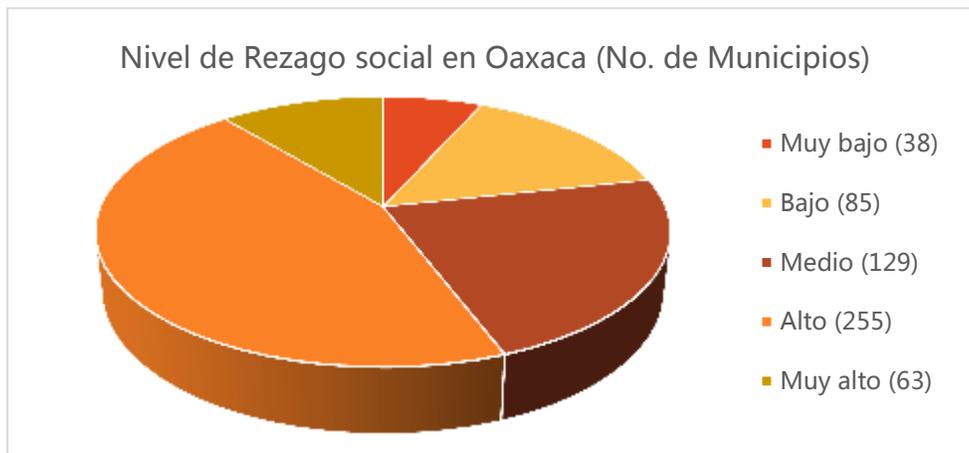


Figura 11. Rezago social a nivel municipal en Oaxaca. Fuente: Elaboración propia con datos del CONEVAL e INEGI (SEDESOL, 2015).

La desigualdad es una preocupación mundial. Ésta se manifiesta no sólo en la concentración del ingreso, derecho a la salud, educación, alimentación y vivienda, sino en el derecho a la participación y a ser escuchados. La creciente desigualdad en el Estado de Oaxaca pone en peligro la cohesión social y territorial. Es necesario pensar en el problema

en estos términos y comprender los mecanismos de desarrollo, acción social e institucional, con base en espacios naturales. Activar las capacidades territoriales a partir de la cotidianidad de la gente, de sus costumbres, de su historia y de su interacción con el medioambiente, es condición imperante (Torres, 2016).

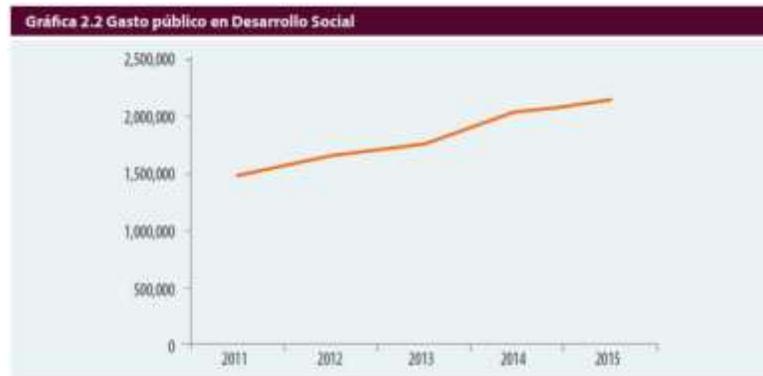


Figura 12. Gráfica del gasto público en Desarrollo Social en el Estado de Oaxaca. Fuente: Torres (2016).

Hay tres explicaciones posibles del porqué la pobreza y la desigualdad en Oaxaca no dan tregua a pesar del aumento en gasto social (Figura 12):

1. Éste, con relación al PIB nacional, es menor al de otros países.
2. Las dependencias federales no han ejecutado bien el gasto social.
3. Los programas sociales y su ejecución han generado nuevas desigualdades en las comunidades.

2.2. CAPITAL SOCIAL

Mota y Sandoval (2006) mencionan que existe una idea promovida por los organismos internacionales y el Estado, en torno a que el capital social contribuirá al fortalecimiento de la democracia, a la equidad, a la cultura de participación y, consiguientemente, al desarrollo. No obstante, es necesario detenerse en la noción de capital social indígena, que pasa por tres elementos:

- a) la capacidad para sobrevivir económica y culturalmente;
- b) la posibilidad de conformar organización, mecanismos de lucha, resistencia y ajuste a una sociedad y a un proyecto nacional, en medio de una relación de subordinación y vulnerabilidad alta, y
- c) los efectos que las estructuras hegemónicas tienen en el debilitamiento del capital social indígena y su transformación en nuevas expresiones de capital social o incluso en su pérdida y ausencia.

El objetivo final del desarrollo tiene que ver con la ampliación de las oportunidades reales de las personas para desenvolver sus potencialidades, por lo que se considera indispensable la creación de capital humano y social. Por una parte el capital humano tiene el objetivo de mejorar el perfil de la población de un país, alcanzando productividad, progreso tecnológico y competitividad en los escenarios económicos actuales y por otra, el capital social está orientado al reforzamiento del tejido social, privilegiando que las decisiones se tomen en el ámbito local, interesándose por fomentar la participación de otros actores y buscando la aplicación de recursos públicos a proyectos para solucionar problemas sociales (Mota, 2002).

En la actualidad no se tiene una definición de capital social que genere consenso. Putnam (1994) expresa que este capital está conformado fundamentalmente por el grado de confianza existente entre los actores sociales de una sociedad, las normas de comportamiento cívico practicadas y el nivel de asociatividad. Estos elementos muestran la riqueza y fortaleza del tejido social.

Fukuyama (1999) menciona que los científicos sociales se han referido al acervo de valores humanos compartidos como capital social. Este capital es un prerequisite de toda forma de compromiso grupal que tiene lugar en una sociedad moderna.

La definición adoptada para este trabajo es dada por Arriagada (2006), la cual dice que: *“el capital social puede ser entendido como un recurso intangible, que permite a personas y grupos la obtención de beneficios por medio de relaciones sociales dotadas de confianza, reciprocidad y cooperación”*. Estos activos se tienen como consecuencia de las relaciones sociales de una persona con otros y la participación en organizaciones (grupos). Tales relaciones facilitan el acceso a otros recursos.

Según Arriagada (2006), se deben tomar decisiones y enfrentar los siguientes problemas que han surgido cuando se trata de aplicar el enfoque de capital social a proyectos:

- Problemas de tiempo: los tiempos del proyecto no se adecuan a aquellos de las relaciones sociales de la población necesitada. Tampoco se adaptan a los tiempos requeridos por aquellas intervenciones bien diseñadas que demandan información ex ante.
- Problemas de cultura: a veces se tiende a la tecnocracia en dos sentidos. Por una parte, los proyectos son regidos por objetivos cuantitativos (tanto inversión en tanto tiempo, tantos beneficiarios, etc.), por otra parte, tienden a ser dominados por profesionales con formación técnica, que no prestan tanta atención al contexto social de la intervención

- Problemas de aprendizaje: existe la tendencia a que los proyectos respondan a diseños que no captan las dinámicas locales, y que tampoco presentan interés en fortalecerlas y se ciñan estrictamente al logro de ciertas metas predefinidas.
- Problemas de conceptualización: los proyectos tienden a considerar las necesidades como una situación relacionada con los bienes disponibles de los miembros de la comunidad, y algo que usualmente se enfrenta mediante estrategias de formación de bienes. No se tratan las necesidades como un problema de las instituciones y estructuras sociales que rigen la distribución y el control de bienes.

2.3. MARCO TEÓRICO

2.3.1. El Tratamiento del Agua Residual

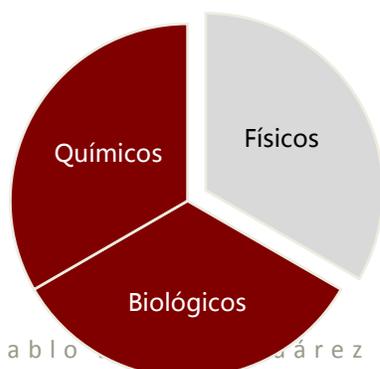
El tratamiento de agua consiste en someter a un líquido a una serie de procedimientos, que en el ámbito de la ingeniería de procesos se denominan operaciones y procesos unitarios, los cuales permiten modificar las características físicas, químicas y biológicas, para llevarlas a un estándar de calidad (CONAGUA, 2015).

Acorde con Muñoz (2008), la contaminación de las aguas es uno de los factores importantes que rompe la armonía entre el hombre y su medio, tanto a corto como a medio y largo plazo, por lo que la prevención y lucha contra ella constituye en la actualidad una necesidad de importancia prioritaria.

Se denominan aguas residuales a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua. Se les conoce también como aguas servidas, aguas negras o aguas cloacales. Son residuales pues después de utilizarse constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo, y son negras por el color que habitualmente tienen⁶.

2.3.1.1. Características del Agua Residual

Los contaminantes principales del agua pueden ser de origen físico, químico y/o biológico (Figura 13).



- **CONTAMINANTES FÍSICOS:** son los que afectan el aspecto del agua, líquidos insolubles o sólidos de origen natural y diversos productos sintéticos que son arrojados al agua como resultado de las actividades del hombre.

- **CONTAMINANTES QUÍMICOS:** comprenden productos inorgánicos y orgánicos dispersos en el agua (metales, plaguicidas, petróleo, detergentes).
- **CONTAMINANTES BIOLÓGICOS:** hongos, bacterias y virus que provocan enfermedades, algas y plantas acuáticas. Algunos son inofensivos y otros participan en la degradación de la materia orgánica (Muñoz, 2008).

Figura 13. Contaminantes del agua.
Fuente: Elaboración propia.

Sin considerar su tamaño, es de fundamental importancia para la implementación de las instalaciones de manejo de aguas residuales: 1) conocer los constituyentes encontrados en dichas aguas, y 2) conocer su destino una vez que serán liberados al ambiente. Los constituyentes encontrados en las aguas residuales pueden ser clasificados como físicos, químicos y biológicos. En el Anexo 1 se presentan los análisis empleados para cuantificar estos constituyentes; sin embargo, en la tabla 3 se muestran los que son de interés en el tratamiento del agua residual debido al efecto que pueden causar en el ambiente, entre estos, los sólidos suspendidos, los compuestos orgánicos biodegradables y los organismos patógenos son a los que convencionalmente se les da mayor importancia en el diseño de instalaciones para su remoción (Crites, 2000).

Tabla 3. Principales constituyentes de interés en el tratamiento de aguas residuales.

Contaminantes	Razones de interés
Sólidos suspendidos totales	Formación de depósitos de lodos y condiciones anaerobias.
Compuestos orgánicos biodegradables	Agotamiento del oxígeno de fuentes naturales y desarrollo de condiciones sépticas
Constituyentes inorgánicos disueltos (sólidos disueltos totales)	Constituyentes inorgánicos adicionados por el uso. Aplicaciones en el reciclaje y en la reutilización de aguas residuales
Metales Pesados	Constituyentes metálicos adicionados por el uso. Muchos metales se clasifican como polutantes de prioridad
Nutrientes	Crecimiento excesivo de la vida acuática indeseable, eutrofización, concentración de nitratos en agua para consumo
Patógenos	Transmisión de enfermedades
Polutantes orgánicos prioritarios	Sospechosos de ser cancerígenos, mutagénicos, teratogénicos o de toxicidad aguda alta. Muchos polutantes prioritarios son resistentes a los métodos de tratamiento convencionales (conocidos como compuestos orgánicos refractarios)

Fuente: Crites (2000).

Las aguas residuales, además de patógenos, contienen otras muchas sustancias contaminantes, definir de una forma exacta lo que es un agua residual es complejo, ya que está en función de las características que se den en cada población o industria⁷.

2.3.1.2. Transporte de aguas residuales

Usualmente en los núcleos de población actuales las aguas residuales son conducidas desde su punto de origen hasta las instalaciones depuradoras a través de sistemas de tuberías, generalmente clasificadas según el tipo de agua que circule por ellas. Los sistemas que conducen tanto agua de lluvia como aguas residuales se llaman combinados (Muñoz, 2008) y su tratamiento es mucho más costoso.

Al implementarse el tratamiento de aguas residuales, las aguas de origen doméstico son separadas de las aguas pluviales por medio de una red de tuberías, favoreciendo la exclusión del gran volumen de líquido que representa el agua de escorrentía. El contar con un sistema de alcantarillado separado, permite mayor flexibilidad en el trabajo de la planta depuradora y evita la contaminación originada por escapes y desbordamientos que podrían producirse al transportar flujos combinados.

2.3.1.3. Análisis y diseño de procesos

El análisis y diseño de unidades de procesos para reducir o eliminar constituyentes presentes en aguas residuales involucra la consideración de varios factores que afectarán el dimensionamiento, el desempeño y la confiabilidad de estas instalaciones. Las etapas iniciales de un proyecto, comenzando con la planeación de instalaciones y continuando a través de las fases de diseño conceptual y preliminar, se consideran por ser factor crítico en el éxito del proceso final de análisis y diseño. Durante estas fases se determinan los caudales y cargas de diseño, se lleva a cabo la selección de los procesos de tratamiento, se desarrollan, refinan y establecen los criterios de diseño, se examinan los puntos relacionados con la evaluación de riesgos y confiabilidad del proceso, y se distribuyen físicamente los elementos de la planta de tratamiento. Al terminar el diseño preliminar, el proyecto queda definido en su totalidad, de tal manera que la elaboración de los planes de construcción y las especificaciones se harán con mayor rapidez (Crites, 2000).

La combinación más adecuada de procesos de tratamiento debe ser aquella que garantice la transformación de las características iniciales del agua residual a niveles aceptables para cumplir con la normatividad correspondiente (NOM-001-SEMARNAT-1996). La elección de los métodos y procesos depende de los constituyentes a remover y del grado de remoción o nivel de tratamiento requerido (Tabla 4), esta remoción se efectúa por mecanismos de tipo físico, químico y biológico. Los métodos se clasifican por lo general en operaciones físicas unitarias, procesos químicos unitarios y procesos biológicos unitarios, siendo el tratamiento una combinación de estas operaciones y procesos (Crites, 2000).

Tabla 4. Niveles de tratamiento del agua residual.

Nivel de tratamiento	Descripción
Preliminar	Remoción de constituyentes del agua residual que puedan causar problemas operacionales o de mantenimiento con los procesos y operaciones de tratamiento, y

	sistemas auxiliares
Primario	Remoción de parte de los sólidos y materia orgánica suspendidos presentes en el agua residual
Primario avanzado	Remoción intensiva de sólidos suspendidos y materia orgánica presentes en el agua residual, en general llevada a cabo mediante la adición de insumos químicos o filtración
Secundario	Remoción de compuestos orgánicos biodegradables y sólidos suspendidos. La desinfección también se incluye dentro del concepto de tratamiento secundario convencional
Secundario con remoción	Remoción de compuestos orgánicos biodegradables, sólidos suspendidos y nutrientes (nitrógeno o fósforo por separado o en conjunto)
Terciario	Remoción de sólidos suspendidos residuales, en general por filtración en medio granular. la desinfección hace siempre parte del tratamiento terciario, incluyéndose a menudo en esta definición la remoción de nutrientes
Avanzado	Remoción de materiales disueltos o en suspensión que permanecen después del tratamiento biológico convencional. Este nivel se aplica a casos donde se requiere reutilizar el agua tratada o en el control de eutrofización de fuentes receptoras

Fuente: Crites (2000).

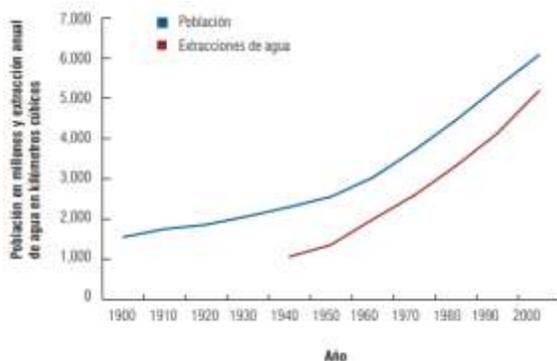
Para la elección y análisis de las operaciones y procesos para el tratamiento de aguas residuales, se deben tomar en cuenta algunos factores como: la aplicabilidad del proceso, el caudal de operación, las características del agua residual, residuos del tratamiento, condiciones de operación y mantenimiento, etc.

2.3.1.4. Calidad del agua tratada

La utilización del agua tratada depende de su calidad, por ejemplo, un agua que contenga microorganismos patógenos puede ser utilizada en el proceso de enfriamiento en una fábrica pero no es apta para el uso humano. En general se acepta que el agua producida por una planta de tratamiento es de buena calidad cuando: es clara, de temperatura razonable, no corrosiva ni formadora de incrustaciones, exenta de sustancias minerales de efectos tóxicos o patológicos (Pérez, 1981).

2.3.2. Factores que inciden en el Tratamiento del Agua Residual

2.3.2.1. Aspecto demográfico



El crecimiento poblacional tiene enormes repercusiones en todos los aspectos del uso de los recursos, incluyendo el agua (Figura 14); sin embargo, la relación no es lineal: a lo largo de las últimas décadas, la tasa de demanda de agua ha doblado la tasa de crecimiento poblacional. El crecimiento de la

población, la urbanización e industrialización, junto con los incrementos en producción y consumo, han generado cada vez mayores demandas de agua dulce (UNESCO, 2015).

Desde la antigüedad, las primeras civilizaciones tenían como actividad principal la agricultura y destinaban la mayor parte del agua para riego (para lo cual no requería ser tratada). Además en los hogares mayormente se utilizaba para beber y cocinar. Progresivamente se han ido añadiendo otras utilidades al agua: la higiene personal, del hogar y los electrodomésticos son la principal causa del aumento del uso doméstico del agua, principalmente como medio de transporte de residuos. En las sociedades modernas hay nuevos usos para el agua (industriales, recreativos, comerciales, etc.), lo cual ha incrementado su demanda y con esto su contaminación (CONAGUA, 2015).

2.3.2.2. Aspecto salud

La definición de salud, tal como aparece en la constitución de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 1948 ha resistido el paso del tiempo: “La salud es un estado de bienestar físico, mental y social completo, y no solamente en la ausencia de enfermedad”. El acceso a agua potable y servicios sanitarios adecuados ha probado ser una de las mejores maneras de mejorar la calidad de la salud humana (UNESCO, 2009).

Las aguas residuales vertidas en cuerpos receptores naturales (ríos, lagos, mar) son propensas a causar enfermedades por bacterias y virus en las personas que entran en contacto con esas aguas. Los riesgos para la salud pública asociados al agua, se han dividido tradicionalmente, en riesgos microbiológicos y riesgos químicos; debido a que los primeros son de mayor incidencia (Figura 15) se convierten en los de mayor necesidad de intervención (CONAGUA, 2015).

Los riesgos para la salud relacionados con el agua de consumo más comunes y extendidos son las enfermedades infecciosas ocasionadas por agentes patógenos como bacterias, virus, protozoos y helmintos (OMS, 2008).



Figura 15. Vías de transmisión y ejemplos de agentes patógenos relacionados con el agua. Fuente: OMS (2008).

Según Mondaca (2003), las afecciones que se propagan por el agua se conocen como "enfermedades transmitidas por el agua" (Tabla 5). Sus agentes patógenos son biológicos, más que químicos, y los males que provocan casi siempre son contagiosos. Por lo general, los agentes patógenos pertenecen al grupo de los microorganismos, que se transmiten en las heces excretadas por individuos infectados o por ciertos animales. De forma que estas enfermedades se suelen contraer al ingerirlos en forma de agua o de alimentos, contaminados por esas heces (vía fecal-oral).

Tabla 5. Principales enfermedades transmitidas por el agua.

Enfermedad	Carga Mundial anual atribuible al agua, saneamiento e higiene		Porcentaje de carga total atribuible a factores ambientales	Vías ambientales
	Muertes (miles)	DALY ^a (miles)		
Diarrea	1,523	52,460	94	Abastecimiento de agua, saneamiento, higiene
Malnutrición	863	35,579	50	Abastecimiento de agua, saneamiento, higiene, gestión de recursos hídricos
Malaria	526	19,241	42	Gestión de recursos hídricos
Filariasis linfática	0	3,784	66	Abastecimiento de agua, saneamiento
Nematodos intestinales	12	2,948	100	Saneamiento
Tracoma	0	2,320	100	Abastecimiento de agua, higiene, moscas
Esquistosomiasis	15	1,698	100	Abastecimiento de agua, saneamiento, gestión de recursos hídricos
Encefalitis japonesa	13	671	95	Gestión de recursos hídricos
Dengue	18	586	95	Abastecimiento de agua, saneamiento

a. Un DALY representa un año perdido de vida saludable

Fuente: UNESCO (2009).

En las partes más ricas del mundo, la conexión entre agua, higiene y salud se da por sentada, pero la mayoría la población es menos afortunada, para quienes el acceso a agua limpia y adecuada constituye una lucha diaria. Unas 842,000 personas de países de ingresos bajos y medianos mueren cada año como consecuencia de tres factores principales: la insalubridad del agua, de un saneamiento y una higiene deficientes. Se considera que un saneamiento deficiente es la principal causa de unas 280,000 de estas muertes, siendo la diarrea una de las principales causas y en gran medida prevenible. La mejora de estos tres factores podría prevenir cada año la muerte de unos 361,000 niños menores de 5 años (OMS, 2015).

2.3.2.3. Aspecto ambiental

Un medio natural sano y no contaminado es esencial para el bienestar de las personas y para el desarrollo sostenible. Los ríos, humedales, y las poblaciones fauna, flora y organismos silvestres que en ellos viven, son parte integral de la vida humana y proporcionan los recursos básicos para la satisfacción de multitud de necesidades. Los ecosistemas mundiales de agua dulce soportan una gran presión, se utilizan como vertederos de residuos, se altera el flujo natural con la construcción de presas, desvíos y canales y se desecan con fines agrícolas entre otros usos (UNESCO, 2003).

Las aguas residuales son las aguas usadas procedentes de las viviendas, las generadas por las actividades industriales, actividades agropecuarias y todas aquellas cuya calidad se vea afectada negativamente por influencia antropogénica. Cuando no son tratadas y depuradas, acaban contaminando los mares y los ríos, con las inevitables consecuencias para la fauna, la flora y nuestra propia salud⁶.

Desde el punto de vista de la calidad del agua y de la salud medioambiental, el control de la contaminación resulta de vital importancia para la protección de los ecosistemas. Esta contaminación puede proceder de diferentes fuentes y se pueden clasificar en diferentes grupos (Tabla 6). Las fuentes de contaminación más frecuentes son los residuos humanos (con 2 millones de toneladas al día vertidos a los cursos de agua), los residuos industriales y otros productos químicos, incluyendo los plaguicidas y fertilizantes agrícolas (UNESCO, 2003).

Tabla 6. Tipos de contaminantes que afectan ecosistemas de agua dulce.

Nutrientes como el nitrógeno y el fósforo procedentes de abonos y fertilizantes.
Patógenos fecales y otro patógenos procedentes de la ganadería y de desechos humanos
Partículas del suelo procedentes del cultivo, de la erosión, de los bosques, de las zonas urbanas y de las zonas en construcción y demolición
Plaguicidas, medicamentos de uso veterinario y biocidas procedentes del uso industrial, urbano y agrícola
Residuos orgánicos (lodos, jugos de ensilaje, excedentes de cultivos, fangos procedentes de aguas residuales y

residuos industriales)
Petróleo e hidrocarburos procedente del uso y mantenimiento de vehículos
Disolventes clorados provenientes de zonas industriales
Metales, como el hierro, contaminantes acidificantes y sustancias químicas procedentes de la deposición atmosférica, minas abandonadas, procesos industriales
Sustancias que alteran el metabolismo endocrino (en especial, los esteroides estrógenos derivados de las píldoras anticonceptivas de uso humano, que originan la feminización de los peces machos).

Fuente: UNESCO (2003).

La mayoría de los problemas relacionados con la calidad del agua son causados por la agricultura intensiva, producción industrial, minería, escorrentía urbana y aguas residuales sin tratar (UNESCO, 2015).

Las aguas se clasifican dependiendo de su origen o el grado de contaminación en aguas blancas, aguas negras, aguas industriales (Muñoz, 2008) y aguas grises (Figura 16).

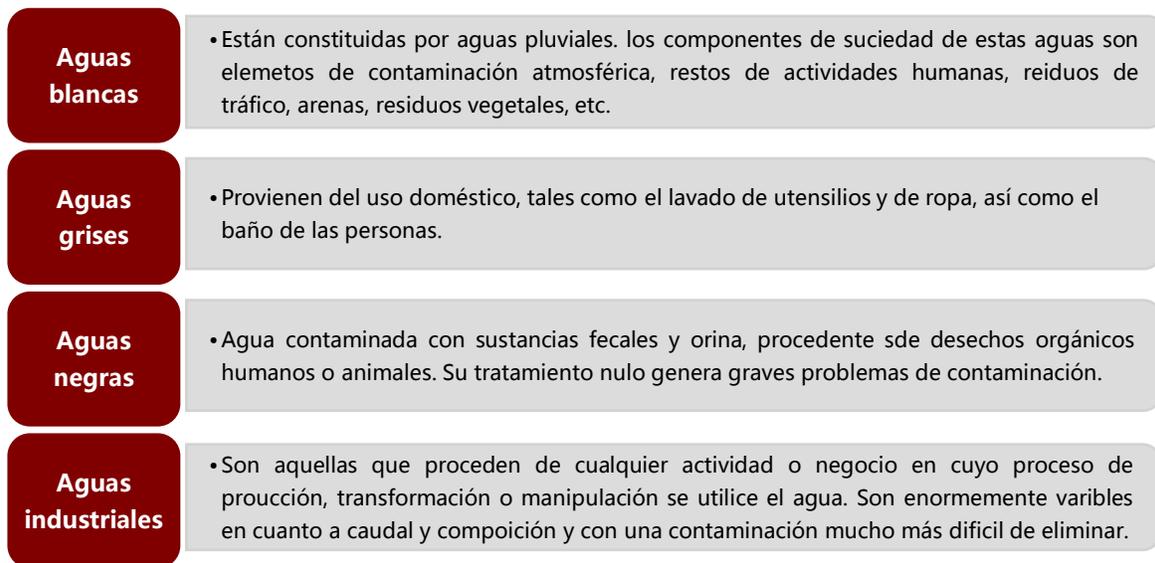


Figura 16. Clasificación de las aguas según su origen. Fuente: Muñoz (2008).

Eutrofización: es un proceso que altera la abundancia, diversidad y estructura ecológica de los cuerpos de agua. Con la aparente bonanza, llegan especies oportunistas estacionales como anélidos, caracoles, macroalgas verdes y macroalgas flotantes que se adaptan fácilmente a las condiciones de oxigenación extrema. Estas especies pueden ser más resistentes que los habitantes del ecosistema eutrofizado y así suplantarlos con el paso del tiempo. Lo mejor es controlar la cantidad de materia orgánica y de nutrientes que vertimos en los lagos y los ríos para que no rebasen su capacidad de asimilación (Chapa, 2010).

2.3.2.4. Aspecto sociocultural

Generalmente la comunidad urbana solo se preocupa por disponer sus desechos en un lugar alejado de su vivienda sin importarles realmente el destino final. Con frecuencia, los proyectos de tratamiento y uso de aguas residuales originan conflictos en la población, la mayoría de personas aprueban la necesidad de tratar las aguas residuales, pero no desean que este proceso se realice en zonas cercanas a su comunidad. Esta situación ha ocasionado la postergación o paralización de los proyectos. La oposición vecinal se traduce en una presión política sobre las autoridades, lo que determina que estas últimas adopten una posición populista y finalmente tomen la decisión de revocar la autorización para la ejecución de las obras o la operación del sistema (Moscoso, 1996).

La principal causa del rechazo a la implantación de instalaciones de tratamiento de aguas negras residuales es la problemática de los olores. En los últimos años, con el fin de mejorar la opinión pública respecto a la implantación de los sistemas de tratamiento, el control y la limitación de los olores han pasado a ser factores de gran importancia en el diseño y proyecto de redes de alcantarillado, plantas de tratamiento y sistemas de evacuación de aguas residuales (García, 2014).

La actitud negativa de la población frente a los proyectos de tratamiento y uso de aguas residuales pueden ser revertidos mediante las siguientes acciones:

- Legislación exigente, pero a la vez realista y promotora
- Eficiencia en la operación de las plantas de tratamiento, el manejo de los sistemas de reúso y la calidad de los productos
- Campañas de difusión para informar a la opinión pública sobre las ventajas y riesgos que otorga este uso
- Educación ambiental a través de los medios de difusión masiva, así como mediante la inclusión del tema en los programas escolares y universitarios

2.3.2.5. Aspecto económico y financiero

El generar y utilizar agua residual tratada tiene un costo que involucra su tratamiento y su conducción al sitio de reúso; sin embargo, deberían agregársele los costos de los beneficios obtenidos por ahorros en salud pública, protección al ambiente, atenuación del impacto y de problemas sociales, reducción de explotación de aguas, etc. (Escalante, 2003).

La contaminación del agua debido al vertido directo de aguas residuales en el medio ambiente, genera serios impactos al ambiente que se traducen posteriormente en impactos económicos para las personas. Algunos ejemplos según Gómez (2002) son:

- a) El deterioro de áreas riparias por depósito de sedimentos y basura.
Genera: el decremento del valor de la propiedad y la disminución de la productividad de las tierras de cultivo.
- b) La producción excesiva de algas y plantas acuáticas y fitotoxinas.
Genera: incremento de costos de tratamiento por mayor desinfección del agua.
- c) La bioacumulación de metales, zooplancton y macroinvertebrados, deformaciones en distintos grupos y cambios genéticos, propagación de enfermedades.
Genera: efectos nocivos a la salud, traducidos como costos de tratamiento médico, rechazo de productos en el mercado, pérdida de valor de la captura, pérdida de empleos e ingresos por pescadores.
- d) Exportación de nutrientes a suelos (corto plazo) y acuíferos (largo plazo).
Genera: ahorro por la aplicación de nutrientes, inacceptabilidad de productos en el mercado debatiendo la calidad de los mismos, efectos nocivos a la salud, requerimientos de tratamiento y confinación de los acuíferos.
- e) Disminución de la resistencia del ecosistema o capacidad de recuperar sus condiciones iniciales por impactos acumulativos (contaminantes sin tratamiento).
Genera: inversiones a largo plazo para la rehabilitación de ríos, lagos, embalses, así como la protección o descontaminación de las aguas subterráneas.

2.3.2.6. Aspecto legal

La factibilidad de implementar proyectos de tratamiento y uso de aguas residuales también está supeditada a la legislación ambiental relacionada con el manejo de las aguas residuales vigente en el país o región (Moscoso, 1996). Esta legislación debe asegurar mediante políticas nacionales coherentes que:

- Definan y delimiten la responsabilidad de los sectores salud, agricultura y ambiente;
- Establezcan mecanismos de coordinación entre las diferentes instituciones involucradas;
- Definan los mecanismos para implementar las normas legales y regulaciones del caso;
- Propongan estándares realistas para el tratamiento de y uso de las aguas residuales, y que a la vez protejan la salud y el ambiente;
- Otorguen a cada institución responsable los recursos humanos y económicos necesarios para una eficiente labor.

En México, la legislación aplicable en materia de aguas residuales es la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, así como las Normas Oficiales Mexicanas en materia de descarga de aguas

residuales como son: NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996, Y NOM-003-SEMARNAT-1997.

2.3.3. Tratamiento de Aguas Residuales con Enfoque Sistémico

“Un sistema es un grupo de componentes que pueden funcionar recíprocamente para lograr un objetivo común. Son capaces de reaccionar juntos al ser estimulados por influencias externas. El sistema no está influenciado por sus propios egresos y tiene límites específicos, con base en todos los mecanismos de retroalimentación significativos” (Spedding, 1979).

Este proyecto considera como Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) el equilibrio entre tres elementos básicos: la comunidad (social), el proceso de tratamiento (técnico) y el medio ambiente (ambiental). También considera importante determinar otros factores como la viabilidad técnica y económica del proyecto ejecutivo y la operación del sistema. Estos elementos abordados de manera integrativa darán congruencia al proyecto y pertinencia a la solución del problema.

Si el objetivo es una mejora a los proyectos tradicionales de saneamiento, aplicando el enfoque de sistemas, el STAR se debe descomponer en los subsistemas que lo integran. Cada uno de estos elementos se analiza por separado, cuidando las relaciones e interacciones que los afectan. Posteriormente, tales componentes forman el sistema de generación, difusión y adopción de la tecnología (Saravia, 1985).



Figura 17. Diagrama del STAR. Fuente: Elaboración propia a partir de Saravia (1985).

2.3.3.1. Elemento Social

La mayoría de las personas no visualizan el manejo y tratamiento de las aguas residuales como un problema que requiere medidas de soluciones inmediatas. Esto se debe principalmente al desconocimiento sobre las repercusiones de la contaminación ambiental en la salud humana, en la conservación de los recursos naturales y en la economía de cada familia (Brown, 2004).

Para involucrar a la comunidad en la problemática es necesario llevar a cabo una serie de acciones inclusivas por parte del facilitador o gestor de proyecto, en las cuales son importantes los enfoques de solidaridad y sostenibilidad. La interacción de este elemento como parte del sistema se describe gráficamente en la figura 17.

Enfoque de Solidaridad.- Uno de los principios fundamentales en la construcción de alternativas de la economía solidaria, es precisamente “la solidaridad social como elemento esencial de la organización empresarial y el control por parte de todos...la participación de todos los involucrados en la toma de decisiones, en la repartición de responsabilidades y la distribución de beneficios”(Barkin, 2011).

Enfoque de Sostenibilidad.- En la Carta de la Economía Solidaria (REAS, 2011), se menciona que nuestra buena relación con la Naturaleza es una fuente de riqueza y de buena salud para todos. La importancia de integrar la sostenibilidad recae en todas nuestras acciones, evaluando y tratando de reducir de manera permanente nuestro impacto ambiental (huella ecológica). Para lograr esto, se deben promover prácticas e iniciativas responsables con el medio ambiente, fomentar la educación ambiental, la investigación y el estudio de la Naturaleza para aprender de ella.

Como menciona Melendez (2011), “un desarrollo sostenible consiste en un desarrollo socialmente aceptable,...ecológicamente correcto,...y económicamente viable”; es decir, lo que se busca con la sostenibilidad en los proyectos, es poder llegar a un equilibrio de sus tres elementos principales: la sociedad, el medio ambiente y la economía.

Es necesario que se lleve a cabo una intensa labor informativa y de concientización en los usuarios para que todas las personas comprendan que un buen manejo sanitario y una adecuada gestión del recurso hídrico, incluye no solamente el aprovechamiento del agua limpia, sino que también el manejo adecuado y responsable después de su uso, asegurando su disponibilidad para los que viven cuenca abajo y para las futuras generaciones.

La gestión social es la parte nuclear de este proyecto, ya que además de la asesoría y acompañamiento técnico proporcionados, los resultados de esta intervención se verán

reflejados en las personas que tienen el problema, en sus hogares y en su comunidad. De esta forma, se contribuye al fortalecimiento de su desarrollo social.

2.3.3.2. Elemento Técnico

Para proteger el ambiente, los requerimientos de descarga para aguas residuales tratadas deben de cumplirse con el proceso de tratamiento propuesto. En la figura 18 se describe en forma resumida, un proceso general de tratamiento de las AR.

Se destaca que en general, algunos elementos básicos que pueden ser incluidos son: el pretratamiento, la recolección, el tratamiento, la reutilización y el manejo de biosólidos y lodos. El objetivo del pretratamiento de las aguas residuales es remover sólidos, grasas, aceites y otros materiales sedimentables para que el agua pueda ser tratada eficientemente. La recolección con frecuencia es necesaria en los casos donde el uso de sistemas individuales deja de ser factible. En la actualidad, el tratamiento tiene como objetivos la remoción de nutrientes y compuestos tóxicos. La reutilización es importante para lugares con escasez de agua; sin embargo, para aumentar la potencialidad de un uso benéfico también se debe aumentar el nivel de tratamiento. Los sólidos removidos de las aguas residuales siempre deben de estabilizarse antes de ser dispuestos o reutilizados, mediante compostaje por ejemplo, y posterior aplicación en suelos (Crites, 2000).

¿Cómo se tratan las aguas residuales?

- Las aguas residuales son objeto, en primer lugar, de un pretratamiento encaminado a eliminar las piedras, arena, aceites y grasas mediante procesos mecánicos de filtrado, sedimentación o flotación.
- A continuación tiene lugar el tratamiento primario, que incluye la retirada de los materiales sólidos en suspensión haciendo circular las aguas residuales (añadiendo a veces determinados productos químicos) por depósitos de sedimentación o flotación.
- En el tratamiento biológico secundario, el agua recorre otros depósitos en los que determinados microorganismos transforman la contaminación residual en lodos de depuradora. Una instalación de tratamiento correctamente diseñada y manejada, que incorpore el tratamiento secundario, es capaz de reducir las cantidades de materia orgánica en más del 90 % y la presencia de bacterias fecales hasta en un 99 %.
- Los tratamientos más avanzados incluyen etapas adicionales, como la eliminación de nutrientes o la desinfección. Nutrientes como los nitratos o los fosfatos pueden eliminarse mediante procesos biológicos (por ejemplo, aplicación de nitrógeno) o añadiendo sustancias químicas (por ejemplo, fósforo). Las técnicas de desinfección pueden consistir en

Figura 18. Principios básicos para el tratamiento de aguas residuales⁸.

2.3.3.3. Elemento Ambiental

El otro elemento importante del sistema es el medio ambiente. Se debe considerar el impacto que este proyecto supondrá y tomar en cuenta las medidas de adaptación necesarias. Después de todo un análisis, Caracciolo (2013) concluye en un principio general: “los seres humanos pertenecemos a un ecosistema natural del que depende, en definitiva, nuestra viabilidad como especie”.

Acorde con Jiménez (2001), en la actualidad ya existe el conocimiento necesario para identificar y remover los contaminantes existentes en las aguas residuales; sin embargo, en muchos casos no se utiliza para buscar:

- a) La conservación del recurso hídrico (agua superficial y subterránea),
- b) la preservación de su calidad,
- c) su uso eficiente (reúso, ahorro y recirculación del agua).

Disminuir la contaminación del agua conlleva beneficios para la preservación del recurso hídrico. Además, afecta positivamente en la conservación de algunos otros elementos importantes del medio ambiente como son: flora, fauna, suelo y aire.

2.4. MARCO NORMATIVO INTERNACIONAL

En la Asamblea General de la ONU (2000) fueron aprobadas nuevas iniciativas en pro del desarrollo social relativas a políticas sanitarias como instrumento para erradicar la pobreza (según lo establece la OMS), a programas de educación en materia de salud, abastecimiento de agua pura, servicios adecuados de saneamiento, así como a fomentar la integración social para lograr instaurar sociedades estables, seguras y justas para todos. Además, se fijaron objetivos sobre servicios sociales básicos y la asistencia oficial para el desarrollo, entre los principales se menciona mejorar el acceso al saneamiento de los países más desfavorecidos.

Por otra parte, en el Programa HABITAT II de las Naciones Unidas (ONU, 2000) se hace hincapié en los problemas ambientales derivados del crecimiento poblacional de los países en desarrollo, principalmente en zonas rurales, donde no se satisfacen adecuadamente las necesidades básicas de los ciudadanos. Se cita textualmente que “La Declaración de Estambul y el Programa de Hábitat seguirán constituyendo el marco básico para el desarrollo sostenible de los asentamientos humanos en los años venideros.”

En este marco es que se circunscribe la relación entre el saneamiento básico de las comunidades y el desarrollo social sostenible. Estableciendo como meta del proyecto, coadyuvar para fomentar el acceso al agua no contaminada para todos, facilitar la

prestación de servicios de infraestructura básicos y humanos, como el saneamiento adecuado, la gestión de desechos y el transporte sostenible, que sean integrales y accesibles para todos, promoviendo una gestión transparente y responsable entre los actores involucrados (ONU, 2000).

2.5. MARCO METODOLÓGICO

El procedimiento metodológico aplicado en el desarrollo del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales se basó en la Guía para la Gestión de Proyectos Sociales (Gavilán, 2010), y consta de cuatro fases principales:

- 1) Fase inicial: identificación de la idea (evaluación ex-ante).
- 2) Fase de diseño y elaboración del proyecto.
- 3) Fase de puesta en marcha y ejecución.
- 4) Fase final: ajuste o fin del proyecto.

Gestión se refiere a realizar las acciones necesarias para resolver problemas, para satisfacer las necesidades y demandas que nos propusimos encarar...Entre estas acciones también se incluye el establecer relaciones con otros actores sociales (PAD, 2007).

Además, como parte del proceso metodológico, se toma en cuenta que la alternativa de solución debe cumplir con los requerimientos de la sostenibilidad siendo: económicamente viable, socialmente equitativa y ambientalmente soportable⁷.

De acuerdo con Geilfus (2009), es importante considerar la participación social o comunitaria como uno de los ejes centrales para el desarrollo de las comunidades y en este proyecto constituye un eje central y transversal en el proceso de intervención. La participación se define como: “un proceso mediante el cual la gente puede ganar más o menos grados de involucramiento en el proceso de desarrollo”. En este proyecto se planeó ir avanzando a lo largo de la escalera de la participación (Figura 19), para pasar gradualmente de un estado de pasividad de la comunidad a un estado de participación más activa para lograr la apropiación del sistema.

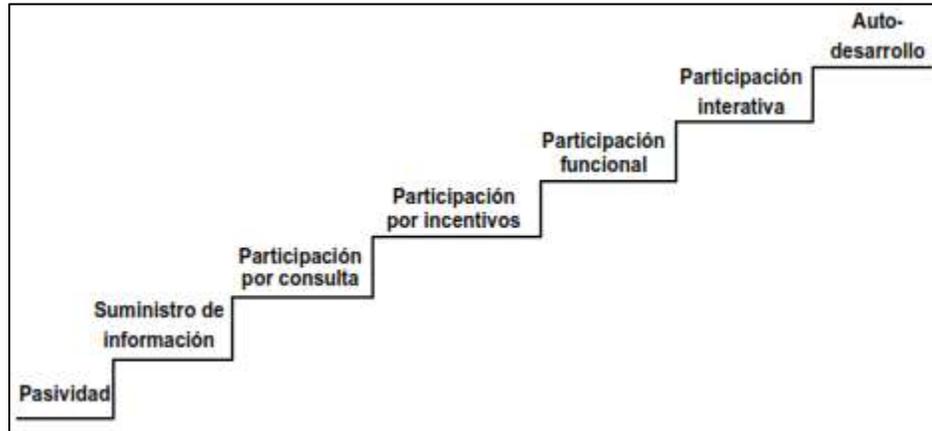


Figura 19: La Escalera de la Participación. Fuente: Geilfus (2009).

En un proceso de intervención comunitaria el objetivo es mejorar las condiciones de vida de la población y que la comunidad sea protagonista de dicho cambio. Es importante destacar que la intervención en comunidades se trata principalmente de procesos a mediano y largo plazos (Estrella, 2014), en los que la propia comunidad determina y prioriza previamente, sus necesidades, aspiraciones, problemas o temas de interés.

2.5.1. Fase de Diagnóstico

Acorde con Gavilán (2010), se partió de la idea sobre la necesidad o problema al que se daría respuesta y se fue perfilando la idea del proyecto. Constituyó la parte más importante ya que de esta se determinó la factibilidad de continuar con el proyecto

El diagnóstico de la comunidad es la base de este proyecto, de ahí se parte para poder incidir en la misma de la mejor manera. Toledo (1996) menciona que el desarrollo comunitario debe tomar en cuenta el estado en el que se encuentra cada comunidad y el éxito de los procesos de desarrollo solo se podrá asegurar en la medida que los miembros de la comunidad verdaderamente adquieran una conciencia comunitaria.

El trabajo comunitario se basa en el método de estudio y acción de la metodología de Investigación-Acción Participativa (IAP), el cual busca obtener resultados fiables y útiles para mejorar situaciones colectivas, basando la investigación en la participación de los propios colectivos a investigar, que así pasan de ser "objeto" de estudio a sujeto protagonista de la investigación, controlando e interactuando a lo largo del proceso investigador (diseño, fases, devolución, acciones, propuestas...) y necesitando una implicación y convivencia del investigador externo en la comunidad a estudiar (Alberich, 2008).

Esta primera fase de la intervención comunitaria, tiene el propósito de conocer el contexto de la comunidad de trabajo, mediante la identificación de las características

sociodemográficas, socioculturales, ambientales, físicas, niveles educativos y servicios principalmente; así como determinar las necesidades, problemas, recursos y comportamientos comunales (Mori, 2008).

El diagnóstico se elabora con dos propósitos principales y bien definidos, orientados ambos para servir directamente para la acción: en primera instancia ofrece una información básica para programar acciones concretas (proyectos, programas, prestación del servicio u otros), y en segunda, proporciona un cuadro de la situación para formular las estrategias de actuación (Mori, 2008). Los resultados a obtener son: en primera un informe de caracterización de la comunidad, y en segunda, la obtención de datos referentes al problema para de aquí decidir sobre las mejores alternativas de solución para abordarlo, mediante la participación de la comunidad o usuarios.

Conforme a lo expuesto por Gavilán (2002), para la caracterización de la comunidad se parte de una investigación documental detallada, revisando información que puede estar en registros, archivos, internet, libros, etc. Este tipo de información generalmente tiene que ver con aspectos sociales, económicos, ambientales, morfológicos o físicos y políticos. También se realiza un mapeo de la comunidad, el cual consiste en una inspección visual realizada mediante un recorrido en la población y registrar la infraestructura disponible (espacios de recreación, comercios, templos, servicios, etc.).

2.5.2. Fase de Diseño

Se inicia con la definición de la población objetivo y la formulación de objetivos de proyecto. Posteriormente se realiza el plan de recursos, el plan de ejecución, el plan económico-financiero y el plan de evaluación (Gavilán, 2010).

- i. Plan de Recursos: Es necesario definir los recursos con los que se cuentan para la realización del proyecto. Estos pueden ser recursos humanos, materiales, técnicos (incluyendo las estrategias participativas) y financieros.
- ii. Plan de Ejecución: Es un tipo de plan que prioriza las iniciativas más importantes para cumplir con los objetivos y metas. De esta manera, el plan de acción constituye una guía para llevar a cabo un proyecto. El plan de ejecución propone una forma de alcanzar los objetivos estratégicos que ya fueron establecidos con anterioridad. Supone el paso previo a la ejecución efectiva de una idea o propuesta⁷. Debe contener: las estrategias de intervención, los programas que se pueden usar, las acciones a realizar y los recursos que supondrá cada una de ellas, las fechas de realización y también quién se encargará como responsable.
 - o El cronograma de las actividades es el resultado final del plan de ejecución siendo dividido en periodos de tiempo. El cronograma contiene toda la

información de las actividades y las fechas propuestas para las intervenciones a realizar en la comunidad.

- iii. Plan Económico-financiero: En este caso se elaborará el presupuesto que supondrá el estimado de los costos de cada actividad de intervención en la comunidad y los actores responsables.
- iv. Plan de Evaluación: Se considera una evaluación a nivel ambiental, económico y social. Es muy importante obtener datos del cómo se sienten los miembros de la comunidad una vez que esté por concluir la intervención.

De acuerdo a Mori (2008), esta etapa también se refiere al diseño y la planeación de la intervención comunitaria necesaria para el cumplimiento de los objetivos. Por lo cual es muy importante estudiar las distintas opciones o vías razonables que existen para dar solución al problema en forma integral, seleccionando entre ellas la que más convenga a los intereses de la sociedad o comunidad.

De manera similar, todas las actividades realizadas y el proceso de tratamiento de aguas residuales se abordaron desde los enfoques de la solidaridad y la sostenibilidad.

Partiendo de la caracterización de la comunidad y de las aguas contaminadas de la población, se analizaron las alternativas de tratamiento de AR considerando como ejes principales la sociedad y el medio ambiente en la promoción del desarrollo social.

Se ha detectado que el componente educativo es un elemento fundamental en la solución de cualquier proyecto comunitario. Un proceso educativo es el complemento indispensable para el proceso de tratamiento de aguas residuales de la comunidad (UNICEF, 2002), que si bien se hace referencia a la construcción de una obra de infraestructura, el factor humano es uno de los ejes principales para el éxito de su operación y mantenimiento.

Para el programa educativo en cuestiones de sensibilización se comenzará por: 1) identificar a los grupos a los que se quiere apoyar, 2) definir las metas a las que se quieren llegar, y 3) identificar y seleccionar el material educativo idóneo de acuerdo al grupo de personas con quienes se trabajará. Como parte de este programa se consideró el diseño de una Unidad de Aprendizaje dirigida a jóvenes de la comunidad.

Las metas de este programa educativo se dirigieron a:

- Crear la visión de una comunidad limpia;
- Educar sobre conceptos básicos de aguas residuales y su impacto en la salud y el ambiente;
- Contribuir al cambio del comportamiento básico de higiene;
- Contribuir a eliminar prácticas de vertido de contaminantes en cuerpos de agua;

- Comunicar el plan de acción municipal sobre el manejo de aguas residuales;

La finalidad de la UA es la formación de personas (potencializar el talento humano), la vinculación y la generación de conocimiento (significativo y útil) a través de técnicas de aprendizaje adaptativo. Éste es un método que permite aprender de las experiencias y generar conocimiento a través de acciones compartidas y gestionadas por un mediador (Rodríguez, 2006). A través de la UA se sensibilizó, concientizó y capacitó a las personas para que fueran capaces de visualizar alternativas amigables con el entorno como solución a los problemas ambientales.

Como 2ª parte de esta fase se realizó el programa de implementación para el sistema diseñado, tomando en consideración acciones que fortalezcan el tejido social (tequio, integración de comité de operación y vigilancia, capacitación en temas ambientales, etc.). Es importante tomar en consideración el nivel educativo de los participantes y algunas estrategias para la transferencia de tecnología, proceso por el cual se lleva a cabo la transmisión del saber-hacer.

Tomando como base el “Manual de Transferencia y Adquisición de Tecnologías Sostenibles” (CEGESTI, 2005), se toman las siguientes etapas para el proceso de transferencia:

- a. Identificación: primero hay que trabajar con los miembros de la comunidad para conocer qué temas son los que se necesitan trabajar con ellos.
- b. Búsqueda: una vez identificado el qué, se debe de realizar una búsqueda de información con fuentes formales e informales sobre los temas que se quieren abordar.
- c. Evaluación de alternativas: el siguiente paso es seleccionar una de las alternativas propuestas. Se deben considerar varios factores y no sólo el económico, la parte social y nivel educativo también es muy importante.
- d. Negociación: en esta etapa se planean y escogen las mejores estrategias por las cuales será presentada la alternativa elegida.
- e. Adaptación: adaptar significa acomodar. Buscar una armonía entre la información que se tiene y el contexto de la comunidad particularmente.
- f. Asimilación: con esta etapa se termina el proceso de transferencia. Una buena asimilación permite retroalimentar y mejorar todo el proceso de adquisición. El objetivo es profundizar en el conocimiento, volviéndolo cada vez más significativo en base a experiencias reales.

2.5.3. Fase de Implementación

La tercera fase corresponde a la ejecución o implementación del sistema. Es la parte operativa donde se ejecuta el trabajo estructurado en las fases anteriores (diagnóstico y diseño), llevando a cabo todas las actividades o tareas y buscando lograr los objetivos planteados en el plazo estipulado (CEPAL, 2011). Inicia con las acciones previas a la ejecución, la principal es la comunicación del proyecto a las partes interesadas, esta tarea es fundamental para continuar con la participación activa de la comunidad en el proyecto. Como miembros del elemento social, es importante que la comunidad tome conciencia de que forman parte importante del sistema.

Acorde con Gavilán (2010), hay dos aspectos claves que se deben tener presentes en esta fase:

- Rigor y atención a lo previamente planificado. No es conveniente perder de vista los objetivos y resultados esperados, ni las actividades previamente definidas.
- Flexibilidad y capacidad de adaptación a los cambios. Todo proyecto es cambiante y resulta imposible prever todo lo que va a suceder con exactitud, por eso es importante poder adaptarse para seguir adelante.

Hay que tomar en cuenta que durante la implementación se debe hacer un seguimiento, control y una evaluación continua de la evolución del proyecto. Esto ayudará a tener presente el avance y podrá facilitar la realización de ajustes necesarios debido a los contratiempos que puedan surgir durante el desarrollo del proyecto (CEPAL, 2011).

Finalmente se considera la elaboración del manual de operación y mantenimiento para que el sistema funcione adecuadamente. Este manual tendrá las directrices para complementar el conocimiento de la comunidad y poder garantizar hasta cierto punto, la continuidad del proyecto. También servirá de base para la toma de decisiones cuando se trate de temas relacionados con aspectos técnicos operativos.

2.5.4. Fase de Evaluación

La evaluación de proyectos sociales es una actividad programada de reflexión, basada en un procedimiento sistemático, riguroso y objetivo de recolección, análisis e interpretación de información (Tabla 7), con la finalidad de (Gavilán, 2010):

- Emitir juicios valorativos fundamentados y comunicables,
- Orientar a la actuación.

Tabla 7. Modelo de evaluación final.

CARACTERÍSTICAS DEL MODELO DE EVALUACIÓN FINAL

Modelo sistémico: enfocado tanto a entradas, procesos y salidas. Evaluación de resultados (eficacia y eficiencia) y de procedimiento (metodología, gestión de recursos).

Evaluación con la participación y contraste de los diversos agentes implicados.

Evaluación como elemento de cambio, no sólo de control.

Fuente: Gavilán (2010).

En la figura 20 se muestra el modelo sistémico de evaluación; la evaluación con los participantes del proyecto se realizará a través de la aplicación de un instrumento específico (Gavilán, 2010); y la evaluación como elemento de cambio se refiere a la entrega de sugerencias a la comunidad para mejora y seguimiento de su proyecto.

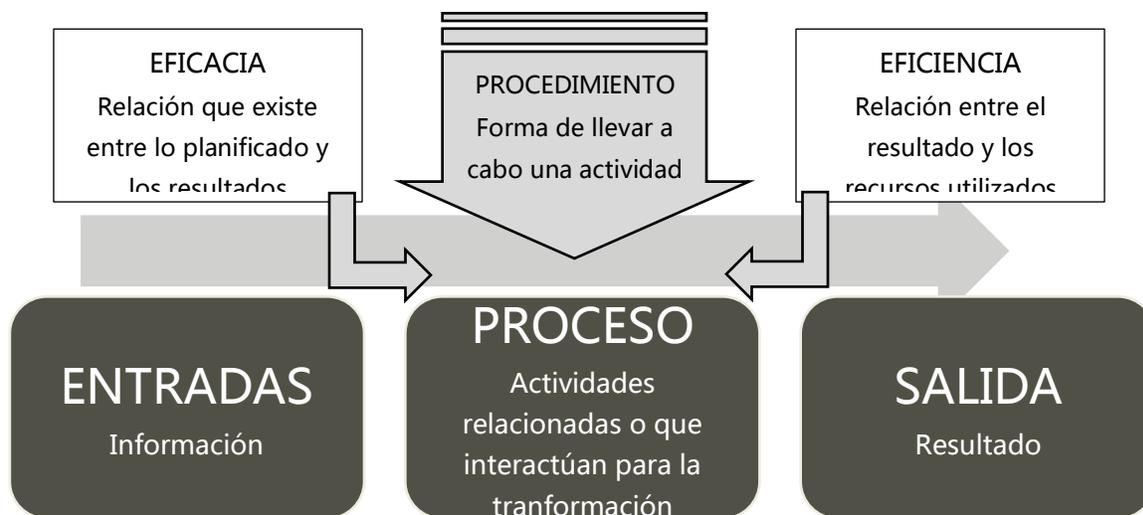


Figura 20. Modelo sistémico de la evaluación. Fuente: Elaboración propia a partir de ISO 9001:2008.

De acuerdo a Montoya (2002), las evaluaciones se producen durante el proyecto y también al final. Sin duda, el papel básico de la evaluación es diferente en estos dos casos. Realizando una evaluación en medio del proyecto (evaluación del proceso) es posible utilizar los resultados para modificar el rumbo del trabajo. El papel fundamental de la evaluación al final del proyecto (evaluación sumativa) es servir como ejercicio para verificar lo aprendido. Aplicando ese conocimiento a otros proyectos, tanto aciertos como errores y con enfoque en el modelo sistémico, estos últimos se convierten en oportunidades de mejora del proceso.

Uno de los aspectos evaluados, fue el impacto en los ámbitos social, económico y ambiental, mediante la selección y análisis de indicadores pertinentes al contexto del sistema. Desde el punto de vista social se obtuvieron resultados a través de una encuesta y de cuestionarios semiestructurados aplicados a una muestra representativa de miembros de la comunidad.

El capital social fue evaluado a partir de tres ejes principales: la confianza, la cooperación y la reciprocidad, a través de las acciones de intervención implementadas. Estas variables entran en el concepto de escala psicosocial por ser valoraciones de actitudes cognoscitivas y conductuales (Worchel, 1998), y sus atributos muestran diferentes grados comparativos del criterio evaluado, que van desde: Nada, Poco, Regular o Moderado, Bien, hasta Muy bien. Nada explica la no existencia de la variable estudiada y a partir de allí la existencia gradual de la misma. Para su análisis también se lleva a una Escala de razón o proporcional, donde el cero indica ausencia de variable.

El aspecto económico en ocasiones es difícil de evaluar en los proyectos de tipo social. Sin embargo, Escalante (2003) muestra una estimación de los costos potenciales negativos (Tabla 8), generados para todas las personas cuando existen descargas de aguas residuales sin previo tratamiento cercanas a sus hogares. Estos impactos negativos afectan directa e indirectamente la economía de las familias cercanas a las zonas de descarga y tienen un radio de influencia principalmente aguas abajo.

Tabla 8. Costos potenciales debido al vertido directo de AR en el medio ambiente.

CAUSA	EFEECTO	IMPACTO ECONÓMICO
Depósito de sedimentos y basura	Deterioro de áreas	Decremento del valor de la propiedad
	producción excesiva de algas y plantas acuáticas y fitotoxinas	Incremento de costos de tratamiento
Bioacumulación de zooplancton y macroinvertebrados	Daño a la salud, propagación de enfermedades	Costos de tratamiento médico
Exportación de nutrientes a suelos y acuíferos	Efectos potenciales a la salud	Rechazo de productos en el mercado
		requerimientos de tratamiento y confinación de los acuíferos
Impacto acumulativo	Disminución de la resistencia del ecosistema	inversiones a largo plazo para la rehabilitación de ríos, lagos, embalses
	o capacidad de recuperar sus condiciones iniciales	protección o descontaminación de las aguas subterráneas

Fuente: Escalante (2003).

3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO

3.1. ASPECTO SOCIODEMOGRÁFICO

3.1.1. Población

De acuerdo Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI, la población total del municipio es de 1,108 habitantes. Del total de personas: 518 son hombres y representan el 47%, 590 son mujeres alcanzando un 53%. La población se encuentra distribuida por edades y sexo de manera equitativa en casi todos los rangos (Figura 21). Una notable diferencia se observa en los adultos, ya que debido a la migración, a partir del rango de edad de 18-24, hay más mujeres que hombres⁹.

GRÁFICA 1: PIRÁMIDE POBLACIONAL DE LA COMUNIDAD (INEGI 2010)

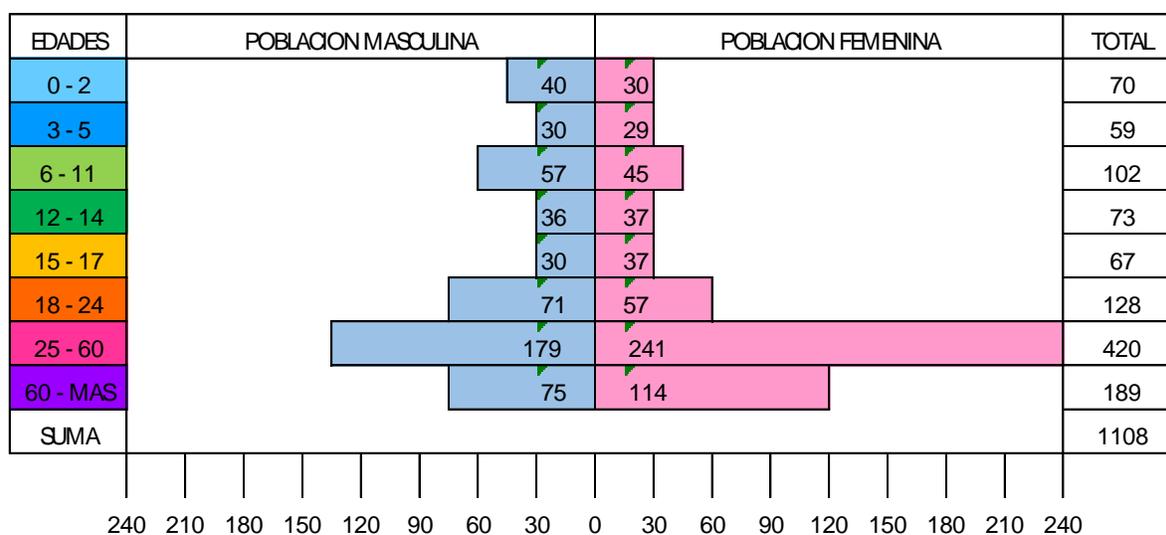


Figura 21. Distribución de la población según edad y sexo. Pirámide Poblacional del municipio de San Pablo Yaganiza. Fuente: elaboración propia con base en los datos de INEGI⁹.

3.1.2. Flujos Migratorios

El grado de intensidad migratoria para el municipio de San Pablo Yaganiza es considerado por la CONAPO, como alto, mientras que para todo el Estado de Oaxaca, se le asigna un grado medio. La migración del municipio se debe a diversos factores y como la mayoría de los habitantes, lo hacen por buscar un empleo que les permita tener mayores ingresos y alternativas de vida (CONAPO, 2012).

La migración es un fenómeno que afecta sobre todo a las familias, pues muchos de los habitantes pierden su identidad cultural, los valores humanos (se da la transculturización) se están perdiendo poco a poco, existe pérdida de los usos y costumbres comunitarios, falta de respeto hacia las personas sobre todo a las de mayor de edad, provoca abandono de las actividades de campo, rezago en el trabajo comunitario y la desintegración familiar, así como afectaciones a la salud por el contagio de enfermedades que no son propias de la región; y económicamente es un factor que beneficia por la entrada de remesas de dinero (CONAPO, 2012).

3.1.3. Proyecciones Demográficas

Según proyecciones municipales realizados por la CONAPO, la demografía del municipio de San Pablo Yaganiza presentará un decrecimiento constante en los siguientes años, para el año 2015 la población se estima será de 855 personas (PMD San Pablo Yaganiza, 2011).

3.2. ASPECTO MORFOLÓGICO

El municipio de San Pablo Yaganiza presenta las siguientes características morfológicas:

3.2.1. Toponimia

Significa en zapoteco: "Palo de agua", etimología: Yaga: "árbol o palo", Niza: "agua"¹².

3.2.2. Ubicación

Se localiza en la parte noroeste del Estado, en las coordenadas 96°14' de longitud oeste y 17°09' de latitud norte. Limita al norte con San Francisco Cajonos y San Mateo Cajonos; al sur con Santo Domingo Albarradas; al oeste con Santo domingo Xagacía y al este con Mixistlán de la Reforma. Su distancia aproximada a la capital del Estado es de 95 km¹⁰ (Figura 22).

3.2.3. Extensión

La superficie total del municipio es de 34.45 km² y la superficie del municipio en relación al Estado es del 0.04 %¹².

3.2.4. Fisiografía

El territorio se caracteriza mayoritariamente, por pendientes abruptas, son pequeños los sitios que forman llanuras, en uno de los cuales está asentada la localidad. La altitud con

respecto al nivel del mar va de los 1440 m hasta los 1450 m en la parte más alta, lugar donde se localiza la cabecera municipal (PMD San Pablo Yaganiza, 2011).

En el terreno en que se asienta la localidad, existe una montaña llamada la Calavera, en el paraje denominado “Rancho viejo”¹⁰.



Figura 22. Mapa de ubicación del municipio de San Pablo Yaganiza en el Estado. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2010) y ¹¹.

3.2.5. Hidrografía

En el territorio municipal, al oeste llega el río Santo Domingo (de corriente intermitente) proveniente del territorio de Santo Domingo Xagacía y el río Cajonos cuyas aguas desembocan en el Estado de Veracruz (Figura 23). Cuenta con varios manantiales dentro del territorio, uno de ellos es un ojo de agua que sale de un peñasco, de gran tamaño y de suficiente agua dentro del área urbanizada, siendo la fuente principal de abastecimiento de agua entubada de la localidad (PMD San Pablo Yaganiza, 2011).

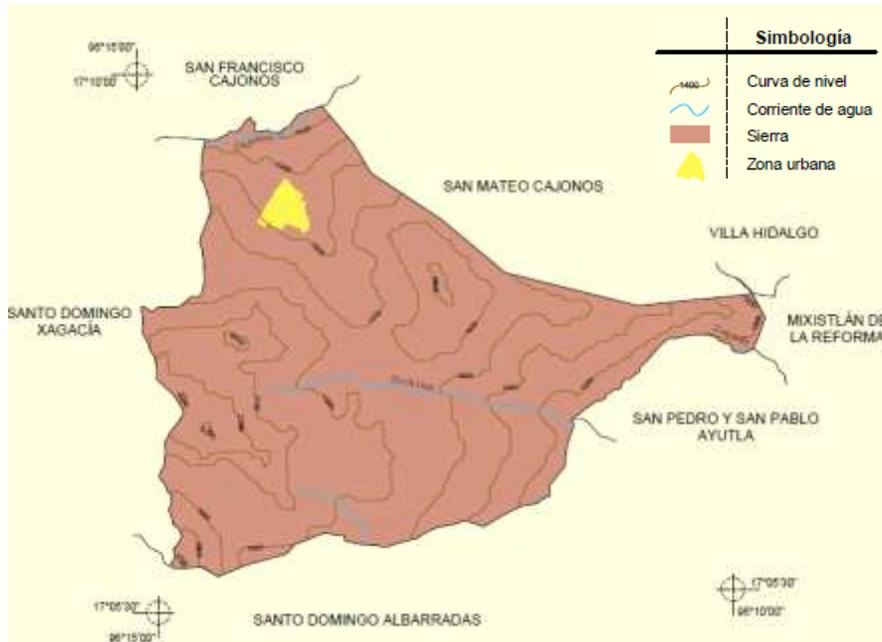


Figura 23: Relieve y corrientes de agua del municipio de San Pablo Yaganiza. Fuente: INEGI (2010).

3.3. ASPECTO SOCIOECONÓMICO

3.3.1. Fuerza de Trabajo

De acuerdo con cifras al año 2010 presentadas por el INEGI¹², la población económicamente activa (PEA) del municipio de San Pablo Yaganiza asciende a 471 personas (49%), y se distribuye según las diferentes actividades económicas de la región (Tabla 9).

Tabla 9. Población Económicamente Activa según sector económico.

SECTOR	PORCENTAJE
Primario (campo)	22.92
Secundario (industria manufacturera)	58.60
Terciario (comercios y servicios)	18.30
Otros	0.18

Fuente: Sistema de Información Municipal de Oaxaca¹⁴.

3.3.2. Actividades Económicas

Agricultura: tiene una superficie sembrada de 139 hectáreas, principalmente de maíz y frijol, aunque también siembran otras frutas y caña para panela.

Ganadería: el tipo de ganadería es de bovinos, porcinos, caprino, ovino y aves de corral.

Explotación Forestal: cuenta con explotación forestal en un 30%.

En esta comunidad predomina la elaboración de hamacas de nylon, los mecates de ixtle y es menor la elaboración de huipiles¹⁰.

3.4. ASPECTO AMBIENTAL

3.4.1. Factores Abióticos

CLIMA: cuenta con un clima Semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano (84.13%), templado húmedo con abundantes lluvias en verano (13.42%) y cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (2.45%) (Figura 24). Tiene un rango de temperatura promedio de 16° - 24° C, un rango de precipitación de 1200 – 2000 mm (INEGI, 2010).

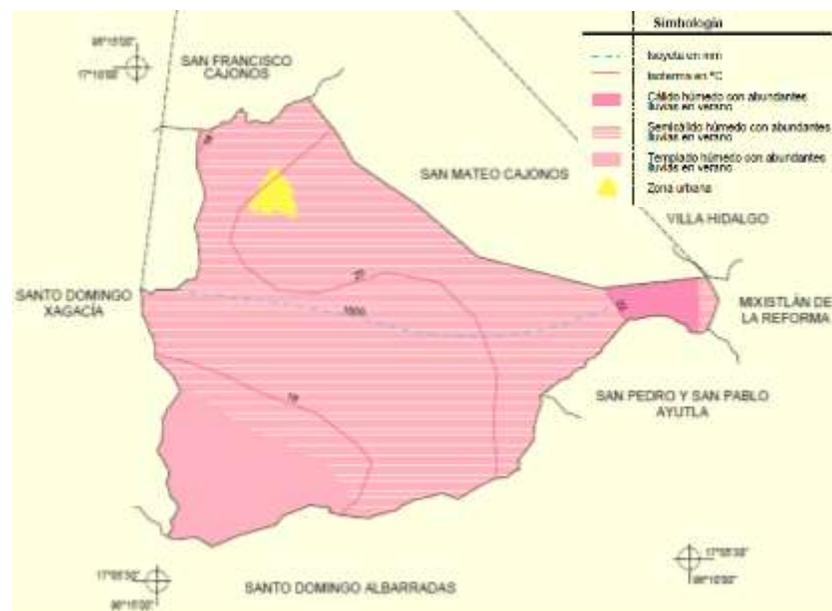


Figura 24: Representación de los tipos de clima del municipio de San Pablo Yaganiza. Fuente: INEGI (2010).

GEOLOGÍA: Periodo Terciario (73.48%) y Cretácico (26.52%). Con roca ígnea extrusiva: Andesita (73.48%), y metamórfica: Esquistos (26.52%). Con una mina de oro como sitio de interés (Figura 25) (INEGI, 2010).

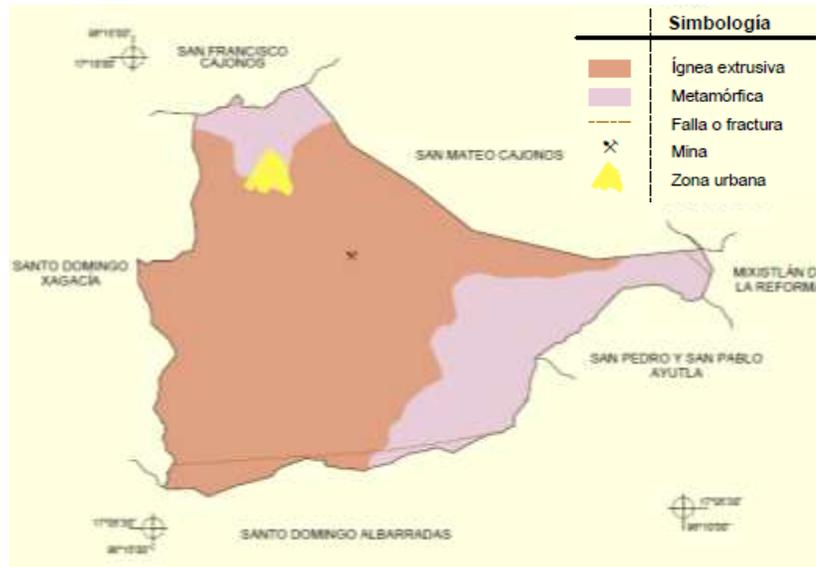


Figura 25: Tipos de material encontrados en el municipio de San Pablo Yaganiza. Fuente: INEGI (2010).

EDAFOLOGÍA: Suelo dominante por Luvisol (72.00%) y Acrisol (28.00%) (Figura 26). El luvisol vértico es un suelo caracterizado por tener un enriquecimiento de arcilla y grietas en el subsuelo cuando está seco. Es frecuentemente rojo o claro, aunque también presenta zonas pardas o grises, que no llegan a ser muy oscuras. Es un suelo de alta susceptibilidad a la erosión y su vegetación es de bosque. Se usa con fines agrícolas y es de fertilidad moderada (PMD San Pablo Yaganiza, 2011).

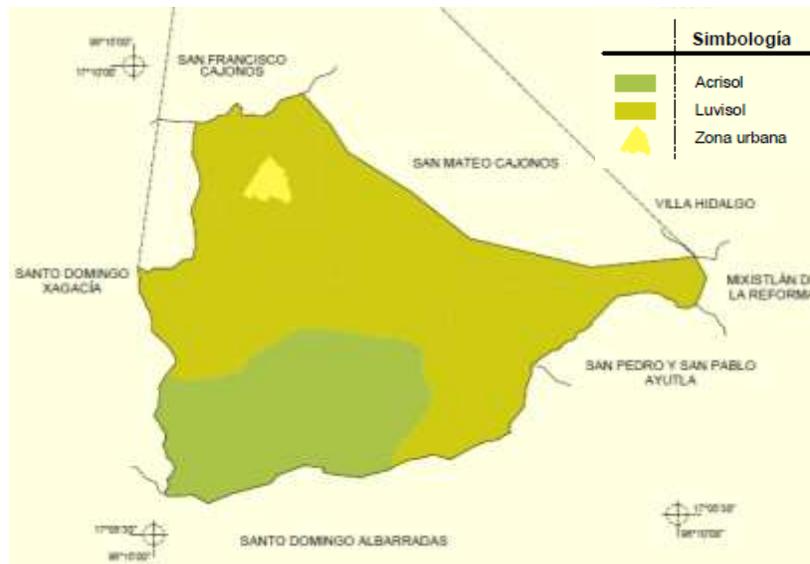


Figura 26: Tipo de suelo del municipio de San Pablo Yaganiza. Fuente: INEGI (2010).

3.4.2. Factores Bióticos

VEGETACIÓN: únicamente cuentan con recursos forestales (Figura 27). Aproximadamente el 55 por ciento del total de la superficie del municipio está cubierto por bosque de encino-pino, un 40 por ciento por bosque de encino (*Quercus spp.*), y el 10 por ciento está cubierto por vegetación secundaria (PMD San Pablo Yaganiza, 2011).

FLORA: La flora, se encuentra mayoritariamente conservada, las plantas medicinales silvestres existen en abundancia, su recolección es ocasional, porque el hábito de usarlas para aliviar o curar algún malestar ha ido desapareciendo. Otro factor que favorece la regeneración es que el pastoreo en la localidad prácticamente es bajo (PMD San Pablo Yaganiza, 2011).

FAUNA: la fauna silvestre que aún se conserva en el área se compone de: zorra, conejo, armadillo, venado, tejones y ardillas e infinidad de especies de pájaros. Contamos con ranas, sapos, bagre de río, charales, diferentes especies de víboras como el coralillo, víbora de cascabel, ratonera, entre otros (PMD San Pablo Yaganiza, 2011).

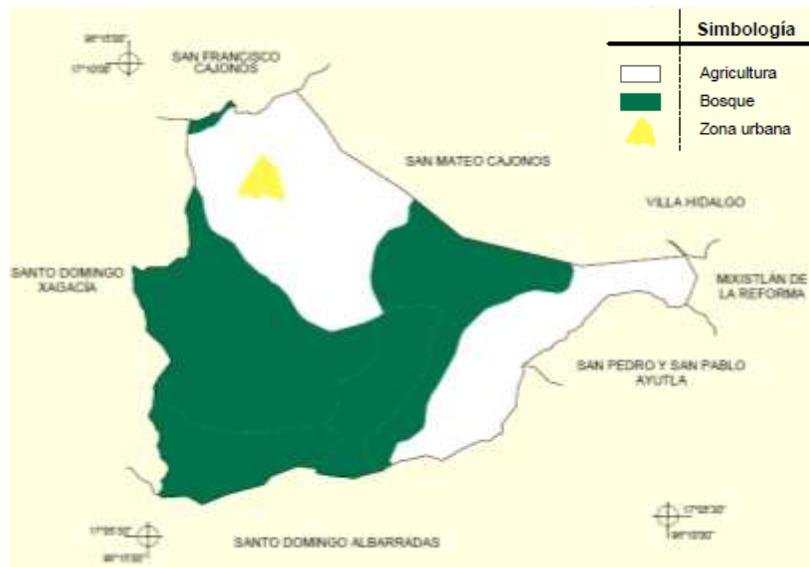


Figura 27: Vegetación del municipio de San Pablo Yaganiza. Fuente: INEGI (2010).

3.5. ASPECTO CULTURAL

3.5.1. Fiestas, danzas y tradiciones

Se festeja el 25 de enero al Patrón del pueblo San Pablo Apóstol en la cual se bailan las danzas de huenches viejos, de las negritas y de las tehuanas¹⁰.

3.5.2. Música

En la cabecera municipal, se escucha la música de viento y se cuenta con una banda Municipal. Esta banda está integrada por 25 personas, participa en los eventos cívicos, sociales, fúnebres y en fiestas de toda ocasión¹⁰.

3.5.3. Artesanías

En el pueblo, se realiza la elaboración de hamacas de nylon, los mecates de ixtle y es menor la elaboración de huipiles, las cuales se venden en el pueblo y en ocasiones en la ciudad de Oaxaca (mercadeo libre)¹⁰.

3.5.4. Gastronomía

Esta comunidad cuenta con una variedad de comida típica como: el caldo de res, los tamales de amarillo, de frijol, mole, para tomar se sirve atole, champurrado y el aguardiente¹⁰.

3.5.5. Medicina tradicional

El número de médicos tradicionales en el municipio es de dos parteras, un huesero, una yerbera (PMD San Pablo Yaganiza, 2011).

3.6. ASPECTO POLÍTICO

3.6.1. Organización

La organización comunitaria, está regida por usos y costumbres (Figura 28), todos los ciudadanos varones tienen que prestar servicios obligatorios (incluye cargos civiles y religiosos), la rotación de cargos es anual, iniciando como monaguillo (sacristán) entre los 14 y 15 años, después topil y otros más pasando por la presidencia municipal para finalizar con el cargo de alcalde (PMD San Pablo Yaganiza, 2011).

3.6.2. Actores sociales

La asamblea comunitaria es la máxima autoridad, las decisiones se toman en asamblea general de ciudadanos (participan sólo varones y en representación de los esposos, en la presente década se acepta la presencia de las damas) y corresponde al presidente municipal la ejecución de los acuerdos, una segunda instancia de decisión es el cabildo municipal (PMD San Pablo Yaganiza, 2011).

Además se cuenta con comités diversos para atención a temas específicos como: comité de salud, comité de la escuela telesecundaria, comité de agua, principalmente.

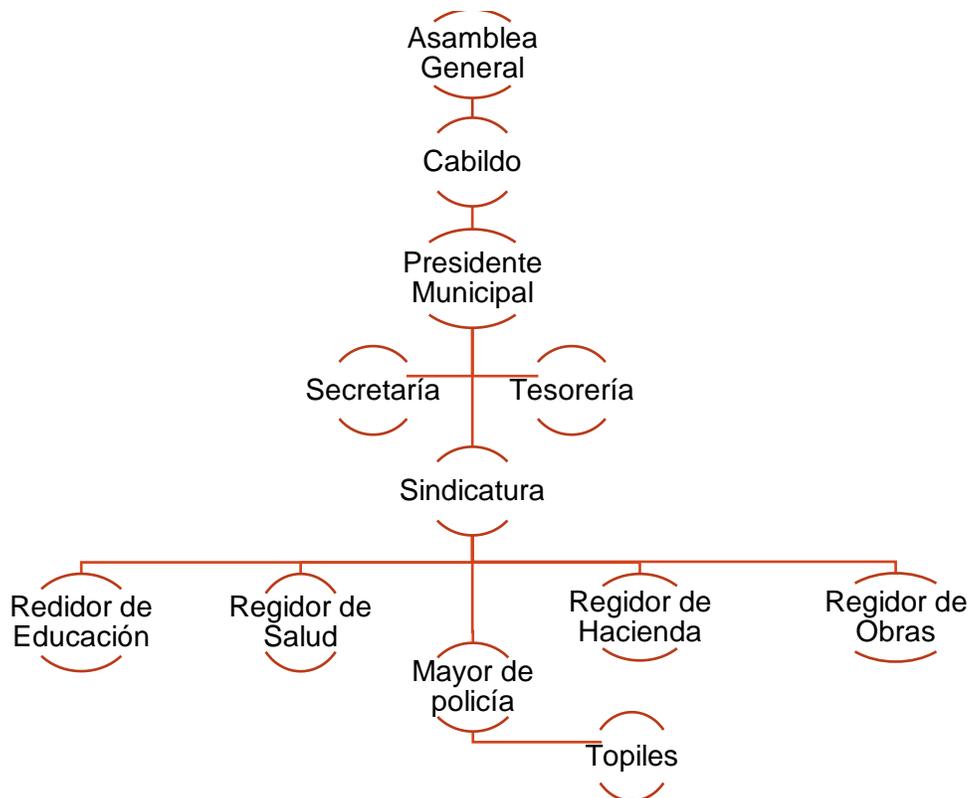


Figura 28. Organización del municipio de San Pablo Yaganiza. Fuente: PMD San Pablo Yaganiza (2011).

3.7. ASPECTO SOCIAL (INFRAESTRUCTURA)

3.7.1. Educación

Este municipio cuenta con una escuela de nivel preescolar, una primaria y una telesecundaria (PMD San Pablo Yaganiza, 2011).

3.7.2. Salud

Se cuenta con una clínica de salud con material industrializado y loza de concreto tiene cerca perimetral de malla ciclónica, y una generosa porción de terreno para ampliaciones, cuenta con un médico pasante que otorga servicio a la población en general y una ambulancia para emergencias en el traslado de pacientes (PMD San Pablo Yaganiza, 2011).

3.7.3. Abasto

Este municipio cuenta con una tienda comunitaria, así como 4 tiendas de abarrotes que abastecen a la población (PMD San Pablo Yaganiza, 2011).

3.7.4. Deporte

Para las actividades deportivas se cuenta con una cancha para básquet-bol completamente techada (PMD San Pablo Yaganiza, 2011).

3.7.5. Vivienda

De acuerdo a los resultados que presentó el Censo de Población y Vivienda en el 2010, en el municipio cuentan con un total de 386 de las cuales 293 viviendas se encuentran habitadas (INEGI, 2010).

Las características de las viviendas son las siguientes:

- 107 cuentan con piso de tierra.
- 154 viviendas cuentan con tres cuartos y más.

Las viviendas cuentan con los siguientes servicios:

- 280 viviendas cuentan con excusado o sanitario;
- 288 disponen de agua entubada de la red pública;
- 274 disponen del servicio de drenaje.
- 267 disponen de energía eléctrica.

El número promedio de ocupantes por vivienda particular es de 3.78 personas, presentando mínimo grado de hacinamiento. Las viviendas son aproximadamente en un 70 por ciento de material industrializado y un 30 por ciento son de adobe con piso de tierra y techo de láminas o teja. Del total de las viviendas más de la mitad de ellas usa leña y gas como combustible en la cocina. Del total de hogares en 78 de ellos está representado por jefatura femenina y en ellos habitan 202 personas (PMD San Pablo Yaganiza, 2011).

3.7.6. Servicios públicos

La cobertura de servicios públicos de acuerdo a registros del Ayuntamiento es (Tabla 10):

Tabla 10. Servicios públicos de la comunidad.

SERVICIO	COBERTURA (%)
Agua potable	84
Alumbrado publico	92

Fuente: PMD San Pablo Yaganiza (2011).

3.7.7. Medios de comunicación

Los medios de comunicación que se encuentran en la localidad son: caseta telefónica, oficina de correos, servicio de comunicación vía satelital (PMD San Pablo Yaganiza, 2011).

3.7.8. Vías de comunicación

El municipio cuenta con un camino de tercería que comunica a la capital del estado por el rumbo de Santo Domingo Xagacia, también cuenta con un camino que conduce a la cabecera distrital por el rumbo de San Mateo Cajonos, cuenta con transporte del servicio público federal de las líneas Flecha de Zempoaltepetl y la Benito Juárez¹⁰ (Figura 29).

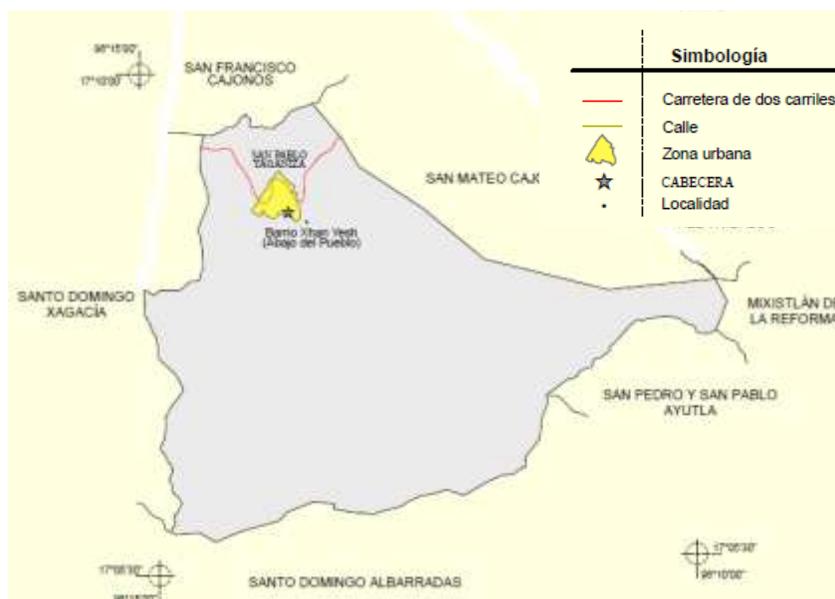


Figura 29: Vías de comunicación del municipio de San Pablo Yaganiza. Fuente: INEGI (2010).

4. METODOLOGÍA

4.1. METODOLOGÍA APLICADA

Con base en el diagrama metodológico propuesto (Figura 30), se describe cada etapa del proceso que se siguió para alcanzar el objetivo final del proyecto:

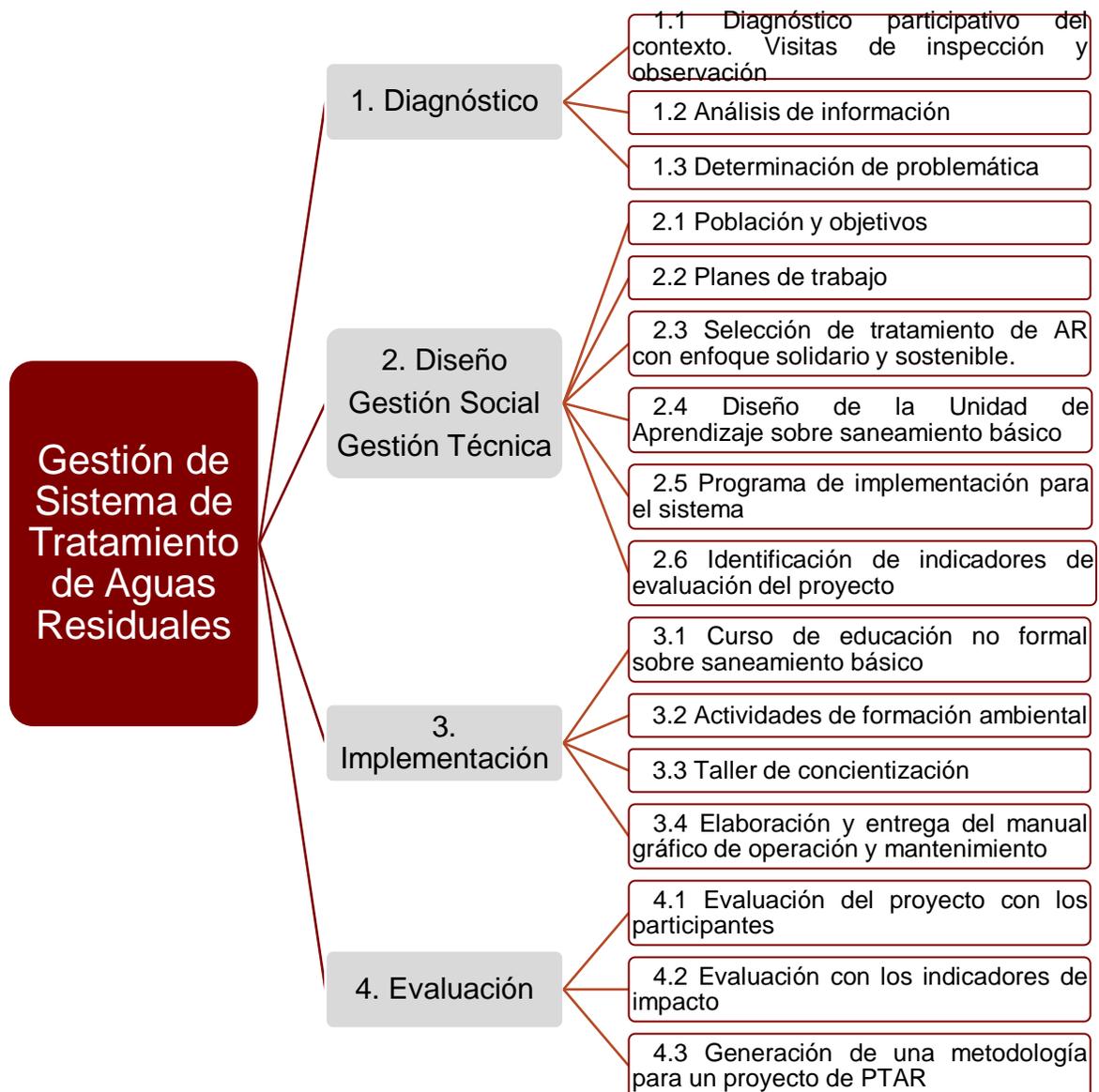


Figura 30. Diagrama metodológico. Fuente: Elaboración propia.

4.1.1. Diagnóstico-identificación del problema

La primera etapa del proyecto correspondió a la fase de la identificación de la idea o diagnóstico y se siguieron los siguientes pasos:

- Análisis de la realidad: se recogió información sobre el problema a atender con la participación de los grupos interesados.
- Se estableció la definición del problema.
- Análisis de recursos: se valoraron los recursos disponibles (materiales, personas, tiempo, etc.).
- Se identificaron las alternativas para el trabajo a realizar.
- Evaluación Ex-ante: se realizó un análisis de la pertinencia, la viabilidad, la factibilidad y la coherencia de la idea de proyecto.

Como parte de la recolección de datos –por medio de visitas a la comunidad- se realizaron inspecciones y observaciones físicas de las aguas no tratadas, se aplicaron dos cuestionarios abiertos y se realizó un taller de sensibilización con participación de la comunidad, el día 14 de marzo de 2015 en el auditorio de la comunidad de San Pablo Yaganiza. La finalidad de estas actividades fue caracterizar a la comunidad con relación al tema de saneamiento, el manejo actual de las aguas residuales y definir la problemática y el alcance del proyecto de intervención.

Durante las visitas se realizaron algunas pláticas informales y un segundo taller de sensibilización realizado el día 19 de abril de 2015 en el auditorio de la comunidad en donde los participantes expresaron sus inquietudes y opiniones, así como algunas propuestas sobre los trabajos a realizar y sobre la alternativa de solución elegida. También se identificó como indicador la capacidad de autogestión y organización comunitaria. Se percibió el interés de la comunidad a través de sus autoridades municipales durante la gestión técnica y financiera del proyecto.

Se consideró que la población de estudio tiene características homogéneas con base en que el tema principal, la contaminación por aguas residuales, es común para los miembros de la comunidad. La validación de los datos recogidos se realizó mediante la Técnica de los porcentos (Escalante, 2000), en la que el tamaño de la muestra mínima, es de un 5%.

En esta fase de diagnóstico comunitario, se cumplió con el primer objetivo específico del proyecto, al evaluar el manejo actual que tiene la comunidad en el tema de sus aguas residuales y tener la caracterización del sitio y la comunidad.

4.1.2. Diseño del STAR

La segunda etapa consistió en el diseño del STAR. Se inició definiendo la población y los objetivos que se esperaban alcanzar. Posteriormente se elaboró la planificación para la realización del proyecto.

En esta etapa se determinó la propuesta de saneamiento para la comunidad con un enfoque sistémico, tomando en cuenta tres elementos principales: el medio ambiente, la sociedad y la tecnología. Para ello, el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR) consideró dos aspectos fundamentales, una gestión social y una gestión técnica, teniendo como elemento transversal el ambiente y el factor educativo. La primera incluyó la planeación de actividades con los habitantes de la comunidad de San Pablo Yaganiza para lograr la apropiación del sistema y favorecer su desarrollo social.

Se diseñó una Unidad de Aprendizaje sobre Saneamiento Básico centrada en el aprendizaje adaptativo (Anexo 2), dirigida a jóvenes de la comunidad, tomando en consideración al proceso educativo como complemento indispensable para el proceso de tratamiento de aguas residuales (UNICEF, 2002) que si bien se refiere a la construcción de una obra de infraestructura, para la apropiación el factor humano es el eje principal en el éxito de su operación y mantenimiento.

Para la gestión social toma importancia la valoración de capital social, misma que se realizó a partir de tres ejes principales que son pilares de la economía solidaria: Confianza, Cooperación y Reciprocidad. La descripción de la valoración de estos indicadores a partir de las acciones de intervención, mostrada en la matriz de análisis de resultados y que corresponde a percepciones del gestor o mediador, es:

- En las pláticas informales iniciales hubo interés y amabilidad por parte de las personas. Las personas se mostraron abiertas a platicar respecto de su comunidad, de sus actividades del diario y de la importancia que se sigan realizando proyectos para el mejoramiento de la misma.
- En el taller participativo hubo menor participación por parte de los asistentes. La mayoría mostró pasividad y fueron solo dos o tres personas las que constantemente participaban.
- Las entrevistas personales se realizaron tanto a asistentes a los talleres como a personas de la comunidad en general. En los talleres se mostró poco interés por responder de manera abierta y baja comprensión de algunos reactivos. En las que se realizaron casa por casa, primeramente hubo poca aceptación ya que a pesar de pedir 5 minutos del tiempo de las personas y explicar que el tema es el saneamiento de la comunidad, muchos se negaron a participar. Los que si

participaron respondieron de manera más abierta, aunque con más dudas que los que asistieron al taller.

- Respecto al tequio hay una gran aceptación, aunque también hay reglas y sanciones para los que no cumplen y usualmente se realiza por obligación aceptada tácitamente.
- La participación social en el proyecto, se refiere a actividades relacionadas con la gestión técnica. La confianza se relacionó con el grado en que la comunidad estuvo de acuerdo en trabajar en el proyecto y el grado de aceptación de la asesoría técnica.
- La organización comunitaria se evaluó a través de la selección del sitio de trabajo que se realizó con base en las peticiones de la comunidad y acuerdo general. En esta misma actividad se observó la inclusión de la comunidad en lo referente a proyectos, ya que teniendo un lugar seleccionado, se tuvo que cambiar bajo la petición de la comunidad debido a inconformidad con el primer terreno seleccionado, lo cual muestra que las personas están interesadas y participan en lo concerniente al lugar donde viven.

En segundo término se planeó la gestión técnica y financiera con las autoridades y la comunidad. Se realizó el acompañamiento técnico en la implementación de una tecnología para el tratamiento de aguas residuales de la comunidad con enfoque de sistemas. Se partió de la caracterización de la comunidad y de las aguas contaminadas de la población, para analizar las alternativas de tratamiento de AR.

La tecnología elegida fue una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) con el proceso de pantanos o wetlands. El cálculo y el diseño para el tren de tratamiento fue realizado por un especialista en este tipo de proyectos, quién seleccionó la combinación más apropiada de procesos (físicos, químicos y/o biológicos) que garantizan la transformación de las características iniciales del agua residual de San Pablo Yaganiza (Tabla 13) a niveles aceptables, para cumplir con las normas de vertimiento y reutilización del agua residual tratada. El diseño del proceso de pantanos se realizó para un gasto medio estimado de 1.56lt/seg, cuya memoria de cálculo se encuentra en el archivo de la comunidad (SPY, 2015).

Siendo la economía, la sociedad y el medio ambiente los tres elementos principales de la sostenibilidad, se revisó que el factor técnico también tomara en cuenta estos aspectos en la PTAR seleccionada. El aspecto económico se consideró al momento de analizar la operación y mantenimiento de la PTAR a futuro, también al elegir el tratamiento que ocupara menor área y por lo tanto menor inversión; en el aspecto ambiental se consideró una configuración de elementos de la PTAR que tuviera la menor cantidad de afectaciones al medio natural buscando su integración al mismo, también en sí, la PT es una forma de

mitigar los efectos nocivos de las AR al ambiente; y el aspecto social se tomó en cuenta al considerar que las personas son las que quedarán a cargo de la PTAR para su operación y por esta razón, tanto la operación como el mantenimiento serán actividades sencillas de realizar, bajo responsabilidad de la propia comunidad.

Una vez realizado el diseño de la PTAR, la autoridad de la comunidad dio seguimiento al proyecto ejecutivo con la búsqueda de financiamiento para la construcción de la misma.

Finalmente, como resultado de esta fase de diseño, se elaboró el Plan de ejecución del Sistema de tratamiento de AR, de acuerdo a los objetivos establecidos y los resultados esperados.

4.1.3. Implementación del STAR

En esta fase se dio seguimiento al proyecto de construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) para la comunidad de San Pablo Yaganiza, mediante la realización de algunas visitas de supervisión de obra, con el fin de conocer su avance y proceso de construcción.

La planeación y el programa de intervención en la comunidad fueron fundamentales en la fase de implementación del sistema. El programa consideró las siguientes actividades:

- a) Un curso de educación no formal sobre saneamiento básico.
- b) Una práctica de formación ambiental para identificar el funcionamiento del sistema dirigido a la comunidad, comités involucrados en el proyecto y autoridades municipales.
- c) Un taller de concientización para brindar información referente al proyecto de STAR dirigido a la comunidad y autoridades municipales y aplicación de cuestionario para evaluar los tres ejes del capital social comunitario (confianza, cooperación y reciprocidad).
- d) Elaboración y entrega el manual gráfico de operación y mantenimiento para el sistema propuesto y colocación de carteles informativos en la planta de tratamiento.

Se realizaron varias visitas a la comunidad para la ejecución de las actividades. Todas estuvieron basadas en el esquema de participación comunitaria. No solo tuvieron la finalidad de enseñar algo a las personas, también se compartieron conocimientos sobre el contexto y saber comunitario.

4.1.4. Evaluación

La evaluación fue fase final del proceso de gestión. Consistió en un examen objetivo y periódico para determinar el estado del proyecto en relación con los objetivos específicos. Se analizó el por qué y cuáles factores contribuyeron a los resultados finales.

Esta fase correspondió al análisis de resultados y evaluación de las acciones de intervención a través de algunos indicadores relevantes del proyecto general. Se analizaron los indicadores sociales previamente mencionados en la fase de Diseño y también se hizo referencia al impacto de la parte ambiental y económica del proyecto.

4.1.4.1. Indicadores sociales

Como ya se mencionó en la fase de diseño, la valoración del capital humano se realizó a partir de tres ejes principales y que son pilares de la economía solidaria: Confianza, Cooperación y Reciprocidad. Además se tomó en cuenta la Cohesión e inclusión social y la Organización comunitaria. Estos ejes, constituyen indicadores de un fortalecimiento del tejido social que a su vez deriva en el desarrollo solidario de la comunidad. Se llevaron a cabo diversas acciones colectivas durante la intervención, que permitieron evaluar los indicadores mencionados y que a su vez, permitieron contrastar los resultados finales con los iniciales.

La interpretación a la valoración del análisis de indicadores sociales fue la siguiente:

1. En la confianza y solidaridad se analizó desde la asistencia de los participantes, la participación y la permanencia en las actividades a realizadas.
2. En la acción colectiva y cooperación se analizó la capacidad de los asistentes para realizar trabajos en equipo y para ponerse de acuerdo en la realización de actividades, también las respuestas dadas a los instrumentos aplicados.
3. En la cohesión e inclusión social toma en cuenta aspectos como la participación de las mujeres, los jóvenes y los adultos mayores; la respuesta a los instrumentos sobre la pertenencia a su comunidad, el sentir de las personas sobre su comunidad y su interés o deseo de participar para el mejoramiento de la misma.
4. En la Organización comunitaria se analiza la capacidad de los habitantes para ponerse de acuerdo tratando temas de cuidado del medio ambiente y de la comunidad. También se toma en cuenta la percepción misma de la comunidad respecto a la autoridad municipal y viceversa, y su organigrama operativo.

También se consideró pertinente, tomar en consideración los criterios de la SEDESOL (2016) para medir el Impacto Social de Proyectos del Programa de Coinversión Social (PCS), en los cuales se definen cuatro niveles de impacto como sigue:

- a) Primer nivel de ISP. De acuerdo con los resultados esperados del proyecto, describir el beneficio directo que recibirá la población específica que se atenderá.

- b) Segundo nivel de ISP. Describir si el proyecto mejorará el entorno social inmediato de la población atendida. (Ejemplo: CAMBIOS DE CONDUCTA EN PERSONAS, disminución de violencia o discriminación, mejora en la comunicación familiar, mejora en redes familiares, modificación de hábitos, mejorar la convivencia social y la inclusión, empoderar apersonas o grupos, etc.).
- c) Tercer nivel de ISP. Describir la forma en la que el proyecto promueve la generación de cambios positivos en la comunidad, localidad y región (ejemplo: el uso responsable de los recursos naturales y/o el acceso al ejercicio de derechos humanos o disminución de brechas de género, etc.).
- d) Cuarto nivel de ISP. Describir la manera en que el proyecto contribuye a generar cambios culturales y sociales y/o la vinculación en redes para incidir en leyes o en políticas públicas en cualquiera de los tres órdenes de gobierno.

En los mismos criterios, la Cohesión y Capital social se determina mediante las siguientes consideraciones (SEDESOL, 2016):

- a) De qué manera está previsto que las personas beneficiarias se involucren en el desarrollo del proyecto. (Diseño, ejecución, seguimiento y evaluación).
- b) Que formas de cooperación, interacción y suma de capacidades promueve el proyecto con el fin de incrementar el bienestar de la comunidad.
- c) De qué manera el proyecto promueve el ejercicio de los derechos humanos (Económicos, Sociales, culturales y Ambientales).

4.1.4.2. Indicadores ambientales

Los indicadores ambientales que se evaluaron en el proyecto del sistema de tratamiento de aguas residuales para la comunidad de San Pablo Yaganiza fueron los siguientes:

- Cuidado del ambiente: Conciencia ambiental para el cuidado de sus recursos. Resultados del cuestionario.
- Disminución de la contaminación: Número de viviendas conectadas al drenaje/No total de viviendas x 100
- Conservación del medio ambiente: flora, fauna, suelo y aire (superficie estimada).

4.1.4.3. Indicadores económicos

Los indicadores económicos que se evaluaron en el proyecto de STAR para la comunidad de San Pablo Yaganiza fueron los siguientes:

- Relación costo-beneficio: la percepción de los habitantes respecto al costo que pagaron durante la implementación del proyecto y el beneficio obtenido.

- Percepción de los beneficios: estimación aproximada de costos de los beneficios obtenidos por ahorros en salud pública, según la percepción de los habitantes.
- Ahorro en cuestión salud: se hace un análisis con base en datos estadísticos nacionales de los ahorros en cuanto a enfermedades relacionadas con el agua.

Con base en los resultados obtenidos en el proyecto y como integración en un modelo de procesos, se realizó la propuesta de una metodología para la gestión de una PTAR. Esta metodología contiene la experiencia de intervención en la comunidad de San Pablo Yaganiza y se realizó con el propósito de que pueda ser posible su réplica en alguna comunidad similar.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. FASE DE DIAGNÓSTICO

Desde esta, que es la primera etapa del proyecto, es necesario identificar a todas las partes interesadas. En este caso son los habitantes de San Pablo Yaganiza (población objetivo), la autoridad municipal y los miembros técnicos del CIIDIR IPN. La población objetivo son un total de 615 personas (con edades entre 15 y 60 años) representando a las 293 viviendas⁹.

Como parte del trabajo preliminar que se realizó, de las visitas de observación se elaboró un mapa de micro-localización (Figura 31) de la localidad de San Pablo Yaganiza. Este mapa describe la ubicación de tiendas principales, escuelas, templos, el palacio municipal, servicios, lugares de recreación y centros de salud (Tabla 11).

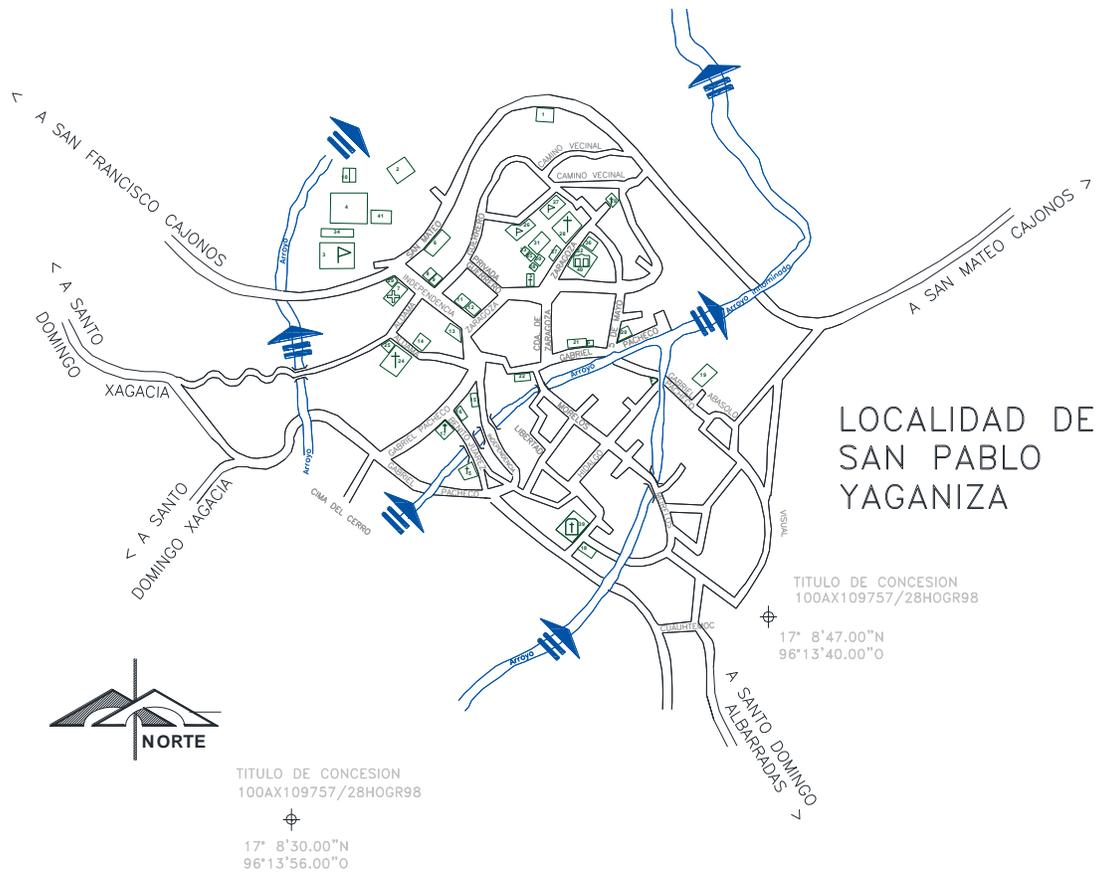


Figura 31. Mapa de la comunidad de San Pablo Yaganiza. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Referencias del mapa de la comunidad de San Pablo Yaganiza.

No.	DESCRIPCIÓN	No.	DESCRIPCIÓN	No.	DESCRIPCIÓN	No.	DESCRIPCIÓN
1	Banco de arena y grava	11	Balconería y vidriería	21	Productos de limpieza	31	Techado y cancha mpal.
2	Panteón Municipal	12	Consultorio médico	22	Miscelánea	32	Palacio Municipal
3	Telesecundaria	13	Imagen de la comunidad	23	Estética	33	Cabañas
4	Balneario	14	Farmacia	24	Iglesia evangélica	34	Cocina comunitaria
5	Capilla	15	Caja de ahorro	25	Caseta telefónica	35	Comisariado Bienes C.
6	Hospital en construcción	16	Casa del pueblo / fiestas	26	Primaria	36	Centro de aprendizaje c.
7	Centro de Salud	17	Iglesia	27	Kinder / Preescolar	37	Cárcel
8	Papelería / Dentista	18	Templo del 7mo día	28	Iglesia Sn Pedro Apóstol	38	Panteón antiguo
9	Miscelánea "Karlita"	19	Iglesia cristiana	29	Capilla mediana	39	Auditorio Municipal
10	Fosas sépticas	20	Novedades y regalos	30	Biblioteca Municipal	40	Estanque (almacén agua)

Fuente: Elaboración propia.

Los primeros talleres de participación comunitaria que se realizaron, ayudaron a puntualizar la problemática de la comunidad. Se utilizaron herramientas de diagnóstico, como la línea del tiempo de recursos hídricos, usos principales del agua, el mapa de recursos, etc. (Figuras 32 y 33). En el Anexo 3 se muestran los instrumentos utilizados en la fase de Diagnóstico.



Figura 32. Imagen de una herramienta utilizada en el primer taller de participación. Fuente: Jiménez-Juárez, P. (14/03/2015).



Figura 33. Participación de las personas en los talleres. Fuente: Jiménez-Juárez, P. (14/03/2015).

En cuanto a los usos principales del agua, los participantes anotaron tener un manantial que los abastece de agua potable para uso doméstico y para actividades agrícolas. Los usos domésticos que fueron identificados por los participantes en orden de importancia para su vida cotidiana fueron:

1. Aseo personal y lavar ropa
2. Lavar trastes
3. Uso de sanitario (W.C.)
4. Cocinar
5. Tomar agua
6. Limpieza del hogar
7. Jardines
8. Lavar vehículos

En el mapa de su comunidad los participantes al taller identificaron los siguientes recursos con los que cuentan en su comunidad:

- Bosque protegido
- Ganado
- Zona agrícola (Maíz, frijol, plátano, caña, zapote, guayaba, limón)
- Parcelas privadas
- Zona de obtención de leña
- Manantial
- Banco de arena y grava

De las primeras intervenciones (Figuras 34 y 35) se obtuvieron algunos resultados que representaron contratiempos para la realización del proyecto, tales como:

- Poca participación por parte de los habitantes.
- Existe una desconfianza hacia personas ajenas a la comunidad.
- Falta de participación de mujeres y jóvenes.



Figura 34. Taller de sensibilización con la participación de miembros de la comunidad. Fuente: Jiménez-Juárez, P. (19/04/2015).



Figura 35. Aplicación de cuestionarios semi-estructurados a personas de la comunidad. Fuente: Jiménez-Juárez, P. (19/04/2015).

Como parte del diagnóstico se aplicaron cuestionarios semiestructurados a los habitantes de San Pablo Yaganiza. Sumando los asistentes a los talleres y de manera individual en la etapa de diagnóstico, se abarcó a un total de 37 personas, representando a 37 de los 293 hogares de la comunidad.

Estas valoraciones son cualitativas y corresponden a los primeros acercamientos e inspecciones de tipo visual en la comunidad. Se estableció un nivel de percepción inicial para los indicadores de Confianza, Cooperación y Equidad, cuyos resultados se muestran en la Figura 36.

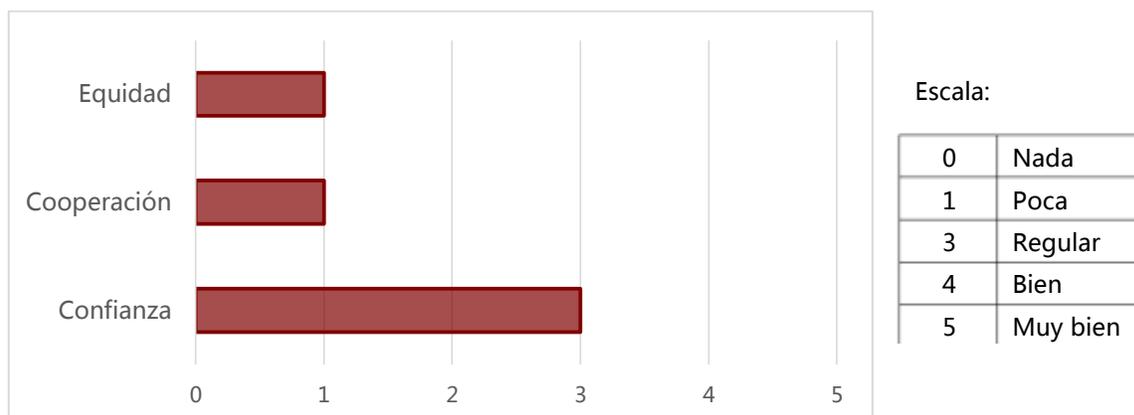


Figura 36. Gráfica de valoración cualitativa inicial de la población. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del cuestionario semiestructurado que se aplicó se muestran en la Tabla 12. Aun cuando las personas no tienen un conocimiento completo de la contaminación que se genera en su comunidad, ni de las acciones que podrían emprender, mostraron interés por participar en acciones de beneficio para el cuidado de su comunidad y el medio ambiente.

Con estos resultados, se puntualizó que aunque existe conciencia de que la problemática principal es el inadecuado manejo de las aguas residuales de la comunidad, el grado de desconfianza y apatía de las personas hacia los proyectos en general, representaron un contratiempo importante durante el desarrollo del proyecto.

Tabla 12. Resultados de la entrevista semiestructurada.

TEMA	RESULTADOS							
	Importancia del agua	SI	100%	NO	0%			
Contaminación del agua	SI	100%	NO	0%				
Que puede hacer	No tirar basura	61%	Enseñar, carteles, anuncios	8%	Trabajo en comunidad	23%	Reciclar el agua	8%
Enfermedades	Gastrointestinal (Diarrea)	84%	Intoxicación	8%	Daños en la piel	8%		
Conocimiento de contaminación	SI	64%	NO	36%				
Conocimiento de acciones	SI	45%	NO	55%				
Participación	SI	100%	NO	0%				
Cuidado del ambiente	SI	100%	NO	0%				

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que todas las viviendas en la comunidad de San Pablo Yaganiza están consideradas en el proyecto de drenaje, el número de familias y personas beneficiadas con este proyecto es del 100%. Esto es, según datos de INEGI (2010), un total de 1108 habitantes (518 hombres y 590 mujeres), 293 viviendas habitadas por las familias de la comunidad.

Como parte del diagnóstico documental, en la tabla 13 se muestran los resultados del análisis de laboratorio que corresponden a la caracterización inicial de aguas residuales de la comunidad de San Pablo Yaganiza. Esta información fue básica para que el especialista realizara el diseño de la PTAR y servirá de base para comprobar la efectividad real del proceso de tratamiento a mediano y largo plazo, como parte del seguimiento a su operación.

Tabla 13. Caracterización de aguas residuales de San Pablo Yaganiza.

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDADES	VALOR (Norma)
FÍSICO – QUÍMICO			
Color	Café Claro		
Ph	6.9	Unidades de pH	5.5 – 10
Temperatura del muestreo	12°	°C	40°
Cloro	0	mg/lit	–
Materia Flotante	Ausente		Ausente
Grasas y Aceites	39	mg/lit	25
Sólidos Sedimentables	0.5	ml/lit	2
Sólidos Susp. Totales	222	mg/lit	125
DBO5	133	mg/lit	150
Nitrógeno Total	0.028	mg/lit	60
BACTERIOLÓGICO			
Coliformes Fecales	11	NMP/100 ml	2000
Coliformes Totales	1400	NMP/100 ml	
TIPO DE ENSAYO: Físico – Químico y Bacteriológico			
NORMAS UTILIZADAS: NOM – 001 – SEMARNAT – 1996			
TIPO DE MUESTRA: Puntual			

Fuente: Archivo de la comunidad (SPY, 2015).

Se precisó como un indicador de autogestión comunitaria, el interés de la comunidad y sus autoridades municipales para la gestión técnica y financiera del proyecto.

Con base en los resultados en esta fase de diagnóstico, se determinó PERTINENTE continuar con el proyecto, ya que responde a las necesidades del colectivo siendo aceptado por toda la comunidad en Asamblea, formando parte del Plan Municipal de Desarrollo y también al formar parte de la priorización de obras de San Pablo Yaganiza. Se concluyó VIABLE, ya que técnicamente es posible dar solución a la problemática, existen

los medios económicos para obtener financiamiento, tiene un impacto positivo sobre el medio ambiente y socialmente se beneficia el 100% de la comunidad. Tomando en cuenta que el proyecto es viable y que la comunidad, a través de la autoridad municipal se compromete a dar seguimiento al mismo se determinó FACTIBLE. Finalmente, se concluyó COHERENTE continuar con el proyecto ya que el tiempo es adecuado, existiendo recursos para ello y el interés de la comunidad.

5.2. FASE DE DISEÑO

5.2.1. Gestión Social

Este proceso inició con el análisis del Acta de Priorización de la comunidad de San Pablo Yaganiza en la cual se menciona el número de beneficiarios. La autoridad municipal fue contacto principal para la realización del proyecto y a partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico, se decidió incidir con su apoyo en algunos grupos de la población ya formados. El trabajo se realizó incidiendo desde tres enfoques a partir de la forma de organización comunitaria existente (Figura 37):

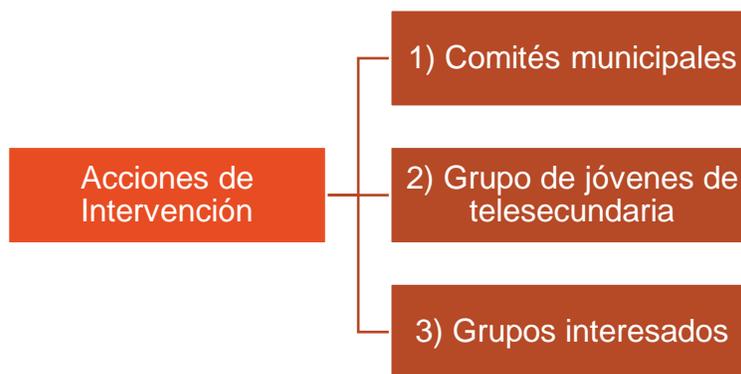


Figura 37. Grupos de trabajo comunitario. Fuente: Elaboración propia.

1) Con los miembros de los comités municipales de agua, salud, drenaje; 2) en reuniones escolares de la telesecundaria para fomentar la participación de los jóvenes e informar de cómo su participación en proyectos de este tipo es de gran importancia; y 3) se considera también trabajar con grupos pequeños y/o con las personas interesadas.

El diseño de una Unidad de aprendizaje (UA) sobre Saneamiento Básico, incluyó diversos temas que son un complemento al estilo de vida comunitario, que fomenta la conservación y uso racional de recursos en los hogares del medio rural. La tabla 14 muestra los contenidos temáticos de los que constó la unidad de aprendizaje, la cual se presenta completa en el anexo 4:

Tabla 14. Temas y subtemas de las dos sesiones de la unidad de aprendizaje.

SESIÓN 1 (2.5 HORAS)	SESIÓN 2 (3 HORAS)
1. Presentación	1. Disposición de residuos sólidos
2. Diagnóstico	2. Manejo higiénico de alimentos
3. Desinfección domiciliar de agua	3. Evaluación
4. Reutilización de aguas grises	

Fuente: Elaboración propia con base en COFEPRIS (2011).

En la tabla 15 se presenta una matriz de análisis de los indicadores y variables considerados y la primera evaluación de los mismos, tomando en cuenta toda la información recabada de las primeras intervenciones realizadas a la comunidad.

Tabla 15. Matriz de análisis y evaluación de indicadores.

INDICADORES DE CAPITAL SOCIAL	ACCIONES				
	PLÁTICAS INFORMALES (VISITAS DE OBSERVACIÓN)	TALLER PARTICIPATIVO	CUESTIONARIO SEMI-ESTRUTURADO	ENCUESTA DE TEQUIOS	PARTICIPACIÓN SOCIAL EN EL PROYECTO
Confianza y solidaridad	3	1	3	4	4
Acción colectiva y cooperación	4	3	1	3	-
Cohesión e inclusión social	3	3	3	4	4
Organización comunitaria	-	-	-	-	4
PROMEDIO	3	3	3	4	4

Valoración: 0 – Nada; 1 – Poco; 3 – Regular; 4 – Bien; 5 – Muy bien

Fuente: Elaboración propia.

El resultado general de la valoración de capital social INICIAL en función de la matriz de análisis indicó que la comunidad de San Pablo Yaganiza tiene un alto nivel de organización comunitaria y buena respuesta para el llamado a tequios y participación social en proyectos. En cuanto a los ejes de capital social se tiene un nivel moderado o regular en confianza, cooperación y reciprocidad, ya que se detectaron algunos incumplimientos en las primeras intervenciones.

Los resultados anteriores están en correspondencia con la tabla de valoración asumida para este proyecto (Tabla 16) y que es la siguiente:

Tabla 16. Valoración y significado de la escala.

VALORACIÓN			PUNTAJE
MUY BIEN	MUY ALTO	Se cumple totalmente.	5

BIEN	ALTO	Se cumple mayoritariamente.	4
REGULAR	MODERADO	Se incumple en algunos aspectos.	3
POCO	BAJO	Se presentan serias insuficiencias.	1
NADA		No cumple.	0

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2. Gestión técnica y financiera:

El proyecto planteado tiene relación directa con la Red de Drenaje existente de San Pablo Yaganiza, y en la Asamblea General con la comunidad del 10 de diciembre de 2014, se decidió que es prioridad y necesidad de todos, la gestión y construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). A partir de este momento y como una necesidad sentida, se dio inicio el proceso de diseño técnico de la PTAR de San Pablo Yaganiza. Esta parte de diseño estuvo a cargo de un especialista en este tipo de proyectos de acuerdo a los requerimientos definidos. El proceso de diseño y de construcción de la PTAR se siguió de cerca para verificar que los conceptos de la sostenibilidad estuvieran presentes en el mismo.

Previamente a la selección de la tecnología, se decidió en conjunto con la comunidad, el lugar en donde se pudiera ubicar la construcción. Los datos requeridos para el proceso de diseño fueron los siguientes:

- La población de proyecto (proyección a 10 años).
- Gastos de diseño para el tratamiento.
- Características de las aguas residuales domésticas.

En el diagrama siguiente (Figura 38) se muestra el proceso de gestión técnica implementado y se explica cómo, en algunos de estos elementos, fueron tomados en cuenta los conceptos de sostenibilidad. Este proceso fue realizado previo a la búsqueda de financiamiento:



Figura 38. Proceso de diseño de la PTAR. Fuente: Elaboración propia.

Selección del sitio: Se tomaron en cuenta las características topográficas del predio seleccionado y aprovechando la gravedad como elemento motor del proceso de tratamiento, se tendrá un ahorro económico tanto en energía como de mano de obra durante su operación.

Información de diseño: La caracterización de la comunidad fue importante puesto que proporcionó información sobre los usos y requerimientos del agua. Al ser el consumo doméstico el más representativo, el proceso de tratamiento fue diseñado con este dato. Los parámetros obtenidos de la caracterización de aguas residuales de la comunidad, mostraron niveles inferiores que los mínimos especificados norma, por lo que el especialista utilizó estos últimos para el diseño (CONAGUA, 2007). El periodo de diseño por norma se estimó con una proyección de 10 años.

Diseño: La opción seleccionada para el tratamiento de AR fue la de Fafa - pantanos artificiales (Anexo 5), ya que mostró un bajo requerimiento de área, menor costo y mayor facilidad en la operación, así como una mejor adaptación al predio escogido (SPY, 2015).

La gestión del financiamiento constó de varias etapas (Figura 39), todas ellas con el acompañamiento de la autoridad municipal. Primeramente se dio atención a los requisitos para la validación del proyecto, que son la autorización de SEMARNAT, el título de concesión para aprovechamiento de aguas y el permiso de descargas entregado por la CONAGUA. Una vez hecho esto, se validó el proyecto ante la dependencia evaluadora que en el Estado de Oaxaca es la Comisión Estatal del Agua (CEA). La autoridad municipal fue un pilar principal en el proceso de gestión del financiamiento, ya que sin su interés y compromiso genuino no hubiera sido posible lograr tal recurso.



Figura 39. Proceso de financiamiento seguido para proyectos de comunidades. Fuente: Elaboración propia.

El proyecto de construcción para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la comunidad de San Pablo Yaganiza fue financiado por medio de una mezcla de recursos entre la secretaría de Finanzas del Gobierno del Estado y la comunidad de San Pablo Yaganiza.

5.2.3. Plan de Ejecución del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales

Resultado sustancial de esta fase de diseño, fue el Plan de ejecución para el sistema de tratamiento de AR. Esta planeación respondió a los objetivos establecidos del proyecto integral y a los resultados esperados.

En la tabla 17 se presenta la Planeación de ejecución de actividades, la metodología y los instrumentos aplicados, así como los resultados de cada fase. Este Plan constituyó una guía de ejecución durante la fase de implementación de acciones, así como para el alcance de los resultados esperados en función de los objetivos establecidos. Además, la revisión y análisis final del plan de ejecución, constituye una evaluación de resultados y del proceso, según se planteó en el Modelo de evaluación final.

Tabla 17. Cronograma de actividades.

OBJETIVO / ACTIVIDAD		OBJETIVO ESPECÍFICO		CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES												Metodología/ Instrumento	Resultado		
				1º SEMESTRE		2º SEMESTRE		3º SEMESTRE		4º SEMESTRE									
No				ago	sep- oct	nov- dic	ene- feb	mar- abr	may- jun	jul- ago	sep- oct	nov- dic	ene- feb	mar- abr	may- jun				
III. IMPLEMENTACIÓN																			
1	Realizar un taller de sensibilización y concientización.	OE3. Promover el saneamiento básico de la comunidad mediante la participación de los usuarios y autoridades municipales en actividades formativas de sensibilización y concientización para la apropiación e implementación adecuada del sistema de tratamiento de AR.															Proyección de diapositivas, Cuestionario y entrevista	Evaluación social	
2	Realizar un curso de educación no formal sobre saneamiento básico.																	Curso-taller práctico con información básica del cuidado del agua y valores para el cuidado del agua	Evaluación social y ambiental
3	Realizar una práctica de formación Ambiental para identificar el funcionamiento del sistema.																	Actividades teórico-prácticas sobre el sistema propuesto. Enseñanza y aprendizaje sobre la operación y mantenimiento de la PTAR	Talleres con un 10% de asistencia y participación
4	Elaborar y entregar un manual gráfico de operación y mantenimiento para el sistema propuesto.																	Trabajo en conjunto con la autoridad municipal y la comunidad	Documento didáctico
IV. EVALUACIÓN																			
5	Realizar la evaluación de la intervención.	OE4. Proponer una metodología para la gestión de una planta de tratamiento de AR con base en los resultados de la evaluación del sistema propuesto.															Modelo de procesos, ejes de capital social / cuestionarios y talleres de participación ambiental	Evaluación social y ambiental	
6	Análisis del desarrollo del proyecto.																	Determinación de insumos de entrada, desarrollo de procesos, salidas y productos	Modelo de proceso
7	Elaborar una metodología para la gestión de una planta de tratamiento.																	Análisis de información de cada fase: Diagnóstico, Diseño, Ejecución, Evaluación	Procedimiento de gestión y manual de operación

Fuente: Elaboración propia.

5.3. FASE DE IMPLEMENTACIÓN

La fase de implementación técnica o construcción de la PTAR se realizó con la coordinación de la autoridad municipal. En este caso se participó en ámbito de supervisión y coordinación eventual de los trabajos realizados en el terreno escogido por la comunidad para la construcción de los elementos que forman parte del proceso de tratamiento de las aguas residuales (Figuras 40-42).



Figura 40. Vista de las estructuras construidas para el proceso de tratamiento. Fuente: Jiménez-Juárez, P. (07/02/2015).



Figura 41. Adaptación de las estructuras construidas al entorno. Fuente: Jiménez-Juárez, P. (07/02/2015).



Figura 42. Etapa final del proceso de tratamiento para la comunidad de San Pablo Yaganiza. Fuente: Jiménez-Juárez, P. (07/02/2015).

La empresa “TRIFORZA Puentes y Enlaces Ingeniería S.A. de C.V.” fue la encargada de los trabajos de construcción referentes a la planta de tratamiento de aguas residuales para la comunidad de San Pablo Yaganiza. Esta empresa fue la asignada mediante el concurso de obra por invitación a cuando menos tres personas, realizado conforme a lo que marca la ley después de haber logrado obtener el financiamiento necesario para dicha obra. Los trabajos técnicos de construcción de la PTAR se terminaron en el mes de diciembre de 2015.

El programa de intervención se trató de realizar de manera paralela a la construcción de la PTAR; sin embargo, por petición de la comunidad, las actividades de intervención se realizaron una vez terminada la construcción.

Las actividades que se realizaron como parte del programa de intervención para la comunidad se describen a continuación:

5.3.1. Práctica de formación ambiental

Se realizó una práctica de formación ambiental para identificar los elementos y el funcionamiento de la PTAR con la participación de la autoridad municipal y miembros de los comités de San Pablo Yaganiza de los periodos 2015 y 2016 (Figuras 43 y 44).



Figura 43. Participación breve para identificación y funcionamiento del sistema. Fuente: Jiménez-Juárez, P. (07/02/2015).



Figura 44. Práctica de formación ambiental con miembros de la comunidad y la autoridad municipal. Fuente: Jiménez-Juárez, P. (07/02/2015).

El objetivo se orientó a permitir a las personas comprender las relaciones de interdependencia con su entorno, a partir del conocimiento reflexivo y crítico de su realidad biofísica, social, política, económica y cultural. Esta actividad fomentó que el conocimiento no sólo sea teórico sino también práctico. En esta práctica hubo muy buena participación e interés por parte de los asistentes.

A partir de esta actividad, se realizó la integración de un grupo de trabajo formado por dos miembros de la comunidad que estarán encargados de la operación y mantenimiento de la PTAR. Esto es otro impacto positivo ya que se han creado dos empleos que serán pagados por el momento con el recurso municipal.

5.3.2. Curso de saneamiento básico

Se realizó un curso de educación no formal sobre saneamiento básico en el hogar con la participación de jóvenes de 3er. grado de la escuela telesecundaria de San Pablo Yaganiza (Figuras 45 y 46).

Se impartió durante dos visitas a la escuela y su objetivo fue mostrar a los jóvenes problemas actuales y reales referentes al tema de saneamiento comunitario, con el propósito de fomentar una conciencia y sensibilidad sobre dichos temas. De esta manera se buscó despertar el interés por el cuidado y conservación del medio ambiente.



Figura 45. Curso-taller con jóvenes de la telesecundaria de San Pablo Yaganiza. Fuente: Jiménez-Juárez, P. (03/03/2016).



Figura 46. Actividad práctica del curso-taller sobre cuidado del agua. Fuente: Jiménez-Juárez, P. (03/03/2016).

Los resultados del cuestionario de conocimientos previos mostraron que los jóvenes de tercer año de la telesecundaria poseen un alto sentido de conciencia en el tema del cuidado del agua. También escribieron hábitos reales y positivos que llevan a cabo en sus hogares para el mismo efecto. Algo importante es el sentido de pertenencia que expresaron los jóvenes hacia su comunidad al referirse a la misma con frases como:

1. Algo valioso
2. Un tesoro de gran valor
3. Un lugar donde todos dependemos de todos
4. El lugar donde nos desarrollamos

Estos datos permitieron tener un punto de partida para las actividades posteriores.

Durante la realización del curso-taller de saneamiento con jóvenes de la telesecundaria, se observó una baja participación al principio; sin embargo, conforme se avanzó en las actividades esto cambió.

Los jóvenes prestaron atención a las actividades a realizar y se terminó la práctica de biofiltro con éxito (Figura 47). Las estrategias didácticas que se realizaron en forma colaborativa con el Ing. Horacio Castillo Mérida fueron beneficiosas, fomentando la participación y confianza en los alumnos, tanto al interior del grupo como con los mediadores.



Figura 47. Biofiltro terminado por los jóvenes de San Pablo Yaganiza. Fuente: Jiménez-Juárez, P. (03/03/2016).

Se realizó una evaluación del curso-taller aplicando un cuestionario (Anexo 6). Las preguntas que dieron información reelevante evaluaron la aceptación del curso por parte de los alumnos, la percepción del alumno con respecto a la confianza de sus compañeros y el grado de confianza propia. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 18:

Tabla 18. Porcentajes de participación e incidencia de los alumnos.

NIVEL	CONFIANZA
BAJO	16%
MODERADO	16%
ALTO	9%
MUY ALTO	59%

Fuente: Elaboración propia.

Aunque al principio del curso-taller el nivel de confianza y cooperación fue bajo, esta evaluación indicó que la mayoría de los alumnos mostraron un cambio a un nivel Alto y Muy alto de la confianza mostrada hacia el gestor al terminó de las actividades. De igual manera el nivel de cooperación resultó tener un incremento con respecto al inicio del taller. La cohesión entre los alumnos del grupo dio un pequeño cambio puesto que en una entrevista final, algunos alumnos mencionaron que existía división en su salón; sin embargo, habían notado que gracias a las actividades organizadas, habían tenido la oportunidad de trabajar en equipo con todos sus compañeros y les había gustado.

5.3.3. Taller de concientización

Se realizó un taller de concientización con temas sobre el cuidado y conservación del medio ambiente.

Se aprovechó la oportunidad de participar en una Asamblea Comunitaria en donde se dio a conocer el avance del proyecto del STAR y se entregó un tríptico con información referente al mismo (Anexo 7).



Figura 48. Participación en la Asamblea comunitaria. Fuente: Jiménez-Juárez, P. (17/04/2016).

En esta participación (Figura 48) se realizó una invitación formal al taller de concientización con temas sobre el cuidado y conservación del medio ambiente. El taller se realizó con el objetivo de concientizar a los habitantes de su importancia en la toma de decisiones y participación, para el éxito de proyectos de este tipo y al finalizar se aplicó un cuestionario final (Anexo 8) donde se evaluaron los tres ejes del capital social

comunitario (confianza, cooperación y reciprocidad).

Este taller se llevó a cabo el día domingo 8 de mayo de 2016 iniciando a las 18 horas. Con el apoyo de las autoridades municipales se reunieron las personas en el auditorio de la comunidad y se iniciaron las actividades. Primeramente se pidió la opinión de las personas respecto al interés por asistir a esta actividad y las respuestas con su porcentaje de incidencia fueron:

- Quiero saber cómo conectarme al drenaje y hacer uso del mismo (70%).
- Me interesa conocer más acerca del proyecto del STAR (10%).
- Me gustaría conocer que se hará de ahora en adelante para cuando contrate a alguien que me ayude a conectarme al drenaje (20%).

El taller se abordó con base en el ciclo de aprendizaje. Se buscó sensibilizar a los asistentes en el tema de contaminación ambiental de su comunidad (Figura 49). Después se informó acerca de conceptos y técnicas que se utilizan para promover el cuidado del medio ambiente, como el STAR implementado en la comunidad. Como tercer punto se realizó una práctica en la que las personas observaron la manera de conectarse al drenaje sanitario y escribieron su opinión acerca del proyecto (Figura 50). Finalmente se invitó a que los asistentes no solo aplicaran lo aprendido en sus hogares, sino que también lo compartieran con sus vecinos, conocidos y paisanos.



Figura 49. Inicio del taller de concientización con miembros de la comunidad. Fuente: Jiménez-Juárez, P. (03/03/2016).



Figura 50. Participación en el taller de concientización. Fuente: Jiménez-Juárez, P. (03/03/2016).

Al finalizar el taller se aplicó un cuestionario donde se evaluaron los ejes del capital social (confianza, cooperación y reciprocidad), la percepción económica y el nivel de conciencia ambiental de las personas. Los resultados que se obtuvieron por parte de los asistentes al taller se muestran en la tabla 20 junto con el resultado de cada actividad realizada.

5.3.4. Manual de operación y mantenimiento

Se consideró importante entregar un manual de operación y mantenimiento gráfico para la planta de tratamiento con base en actividades sencillas (Anexo 9); su diseño se realizó de manera paralela a la construcción de la PTAR y su entrega fue la última actividad de este proyecto. Consistió en la entrega física de un manual impreso y la colocación de letreros gráficos sobre el mantenimiento básico de la zona de la PTAR.

Este manual se desarrolló con el objetivo de ser un apoyo innovador a este tipo de proyectos. Además de haber hecho la entrega del manual impreso, en donde se explican de manera detallada todas las actividades necesarias para una correcta operación y mantenimiento del proceso de tratamiento de aguas residuales en la planta, también se instalaron letreros didácticos como complemento al manual, los cuales explican de manera sencilla los procedimientos que han de seguirse para asegurar el correcto funcionamiento del sistema (Figura 51).



Figura 51. Ejemplo de la señalización instalada en la PTAR para cada elemento. Fuente: Elaboración propia.

Todas las actividades realizadas en la fase de implementación o puesta en marcha, fomentaron la concientización y una cultura de cuidado y respeto ambiental. El trabajo se dirigió a temas relacionados con el tratamiento de aguas residuales, con un enfoque integral y sistémico. Se enfocaron actividades a un grupo de jóvenes de la localidad (nivel de educación secundaria), fomentando la reflexión y la crítica tomando como base que el agua es un recurso vital para la vida. Fue importante el hecho de que los jóvenes, al ser el futuro de la comunidad, mostraron en la evaluación una comprensión hacia el agua como

un elemento limitado y que es responsabilidad de todos el tomar iniciativas para su conservación.

5.4. FASE DE EVALUACIÓN

Se determinó la participación a través de las aportaciones de todos los actores sociales involucrados para el proyecto, de tipo financiero, humano, materiales y de conocimiento (Tabla 19).

Tabla 19. Participación de actores en el proyecto.

ACTOR (ES)	TIPO DE APORTACIÓN	DESCRIPCIÓN
Comunidad	Materiales	Materiales de la región, auditorio de usos múltiples y equipo audiovisual
Gestor	Materiales	Trípticos, cuestionarios y material didáctico
Autoridad Municipal	Financiero	Gestión de la mezcla de recursos y aportación
Dependencia (Finanzas del Estado)	Financiero	Apoyo económico al proyecto de construcción
Gestor	Humano	Gestión del STAR, tiempo, visitas, difusión de la información, etc.
Comunidad	Humano	Participación en el proyecto
Autoridad Municipal	Humano	Coordinación de las actividades comunitarias
Gestor	Conocimiento	Conocimiento técnico y educativo, estrategias de trabajo
Técnico	Conocimiento	Diseño de la PTAR
Comunidad	Conocimiento	Saber ancestral

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 20 se resumió con una valoración cuantitativa los resultados a partir de las acciones de intervención. En esta tabla se refleja la medición y seguimiento al proceso de acuerdo a los siguientes indicadores:

1. Confianza y solidaridad
2. Acción colectiva y cooperación
3. Cohesión e inclusión social
4. Organización comunitaria

Las variables consideradas en la evaluación en relación con los indicadores fueron:

- Asistencia total a talleres y cursos (confianza y solidaridad).
- Asistencia y participación en acciones según grupos (Cohesión e inclusión social).
- Participación en reuniones (confianza y solidaridad).
- No. de reuniones comunitarias sobre el tema (Organización comunitaria).

- Apoyo en las actividades (cohesión social y cooperación).

Tabla 20. Matriz de análisis y evaluación de indicadores de las acciones de intervención.

INDICADORES DE CAPITAL SOCIAL	ACCIONES			
	PRÁCTICA DE FORMACIÓN AMBIENTAL	CURSO DE EDUCACIÓN NO FORMAL	PARTICIPACIÓN EN LA ASAMBLEA GENERAL COMUNITARIA	TALLER DE CONCIENTIZACIÓN
Confianza y solidaridad	3	4	3	3
Acción colectiva y cooperación	NA	4	NA	4
Cohesión e inclusión social	NA	4	4	4
Organización comunitaria	3	NA	4	3
PROMEDIO	3	4	4	3
Valoración: 1 – Bajo; 3 – Moderado; 4 – Alto; 5 – Muy alto				

Fuente: Elaboración propia.

El resultado de la evaluación de capital social en la tabla 20 se explica a continuación:

En la práctica de formación ambiental la confianza y la organización resultaron en nivel moderado, la cohesión e inclusión no aplican puesto que solo se organizó con las autoridades de los años 2015 y 2016. El curso de educación no formal con los jóvenes de la telesecundaria resultó en un alto nivel en los ejes de capital social evaluados, confianza, cooperación y cohesión. En la asamblea se evaluó la confianza para con la autoridad, resultando un nivel moderado, la cohesión y la organización comunitaria resultaron en un nivel alto puesto que participaron tanto hombres como mujeres y asistieron la mayoría de personas convocadas.

Los resultados obtenidos en el cuestionario (Anexo 8) aplicado al final del último taller de concientización fueron los siguientes: en el eje de confianza, los participantes mostraron un nivel de percepción moderado con referencia al gestor; sin embargo fue un resultado similar tanto hacia la autoridad y entre los mismos miembros de la comunidad. El nivel de cooperación para con su comunidad y con la autoridad fue de manera similar, moderado. En el eje de reciprocidad se obtuvo un nivel alto ya que los participantes mostraron compromiso y deseos de regresar lo que han recibido de su comunidad. La organización comunitaria se midió en la manera de convocar y la asistencia por lo que se obtuvo un nivel moderado. Esto es debido a que aunque se convocó con anticipación por medio de la asamblea y voceos a toda la comunidad, sólo asistieron un total de 26 personas (adultos, mayores de edad y mujeres), representantes de las 293 viviendas de San Pablo Yaganiza.

Con base en la evaluación de las acciones de intervención y los criterios de la SEDESOL (2016) para medir el impacto social de un proyecto, se determinaron los cuatro niveles de impacto para generar un índice de impacto social (IIS), tendiendo como resultado la tabla 21:

Tabla 21. Niveles de impacto social del proyecto.

INDICADOR	VALORACIÓN (%)	PUNTAJE	PONDERACIÓN
1er nivel: beneficio directo que recibirá la población	50	4	40%
2º nivel: mejoramiento del entorno social inmediato	30	3	18%
3er nivel: promoción de la generación de cambios positivos en la comunidad	20	4	16%
SUMA	100		74%
4º nivel: contribución a generar cambios culturales y sociales		4	
		Cambios a mediano y largo plazo en corresponsabilidad con los diferentes actores involucrados.	
Valoración: 1 – Bajo; 3 – Moderado; 4 – Alto; 5 – Muy alto			

Fuente: Elaboración propia a partir de SEDESOL (2016).

Para el impacto social del proyecto se aplicó la misma valoración de los indicadores sociales mostrados en la tabla 16. Los tres primeros niveles de impacto se evaluaron a partir de los resultados del proyecto.

- El primer nivel o de beneficio directo, tuvo un nivel alto debido a que la comunidad cuenta ahora con una PTAR y se generaron dos empleos para su operación.
- El segundo nivel o de mejoramiento social, tuvo una valoración moderada ya que aunque los habitantes mostraron interés en las acciones de saneamiento, la cohesión social y la conciencia ambiental es un proceso de cambio a mediano plazo.
- Para el tercer nivel o de promoción de cambios positivos, se le asignó un valor alto tomando en consideración el número de acciones implementadas con el propósito de sensibilizar y concientizar a la comunidad sobre el tema de saneamiento y la respuesta de la comunidad a estas acciones.
- Para el cuarto nivel se espera que existan cambios culturales y sociales en la comunidad. Con este proyecto se han dejado las bases para impulsar un proceso de saneamiento y cuidado ambiental como parte del eje de desarrollo social.

Para la construcción de un índice de cohesión y capital social (ICCS) post-evaluación, y en apego a los criterios de la SEDESOL (2016), se consideraron las siguientes variables, cuyo resultado se muestra en la tabla 22:

- a) La manera en que las personas beneficiarias se involucraron en el desarrollo del proyecto (Diseño, ejecución, seguimiento y evaluación).
- b) El nivel de desempeño de las formas de cooperación, interacción y suma de capacidades promovidas por el proyecto con el fin de incrementar el bienestar de la comunidad.
- c) Si por medio del proyecto se promovió el ejercicio de los derechos humanos (Económicos, Sociales, culturales y Ambientales).
- d) Aportaciones de todos los actores sociales involucrados para el proyecto.

Tabla 22. Variables para el ICCS.

INDICADOR	VALORACIÓN (%)	PUNTAJE	PONDERACIÓN
a) Involucramiento de los beneficiarios en el proyecto	25	3	15%
b) Nivel de desempeño de las formas de cooperación, interacción y suma de capacidades promovidas por el proyecto con el fin de incrementar el bienestar de la comunidad.	25	4	20%
c) Ejercicio de los derechos humanos a través de acciones del proyecto	25	5	25%
d) Aportaciones al proyecto	25	4	20%
SUMA	100		80%
Valoración: 1 – Bajo; 3 – Moderado; 4 – Alto; 5 – Muy alto			

Fuente: Elaboración propia a partir de SEDESOL (2016).

La construcción del ICCS involucró las cuatro variables descritas anteriormente distribuyendo la valoración de forma equitativa, 25% a cada una de ellas. El puntaje se asignó bajo los mismos criterios de valoración cualitativa con su equivalente numérico, dados en la tabla 16. El resultado fue de 0.8 para el ICCS.

En la tabla 23 se encuentran las valoraciones de los indicadores ambientales evaluados en este proyecto. El nivel de conciencia ambiental fue valorado como ALTO y se determinó mediante la aplicación de un cuestionario a los asistentes al taller de concientización. Al tener toda la población la conexión al drenaje sanitario, el indicador de disminución de la contaminación tiene una valoración del 100%. Finalmente el indicador de conservación del medio ambiente toma en cuenta una estimación de la superficie anual conservada al evitar la descarga directa de AR.

Tabla 23. Valoración de indicadores ambientales del proyecto.

INDICADOR	DESCRIPCIÓN	VALOR
Cuidado del ambiente	Conciencia ambiental para el cuidado de sus recursos.	ALTO 86%
Disminución de la contaminación	$\frac{\text{No. de viviendas conectadas}}{\text{No. de viviendas total}} \times 100$	100%
Conservación del medio ambiente (flora, fauna, suelo y aire)	$\frac{\text{Superficie conservada estimada anual}}{\frac{\text{Cantidad de agua generada al año}}{\text{Tirante de 10cm de espesor para extenderse}}} = \frac{1108 (0.008)365}{0.10}$	32 mil m ² (3 hectáreas)

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 24 se encuentran las valoraciones de los tres indicadores económicos considerados. Tanto el indicador de relación costo – beneficio como el de percepción de beneficios, son indicadores evaluados mediante la percepción de los miembros de la comunidad. Esta evaluación se realizó mediante la aplicación de un cuestionario al finalizar el taller de concientización. En ambos indicadores la percepción de las personas los sitúa en un nivel ALTO. Para el indicador de ahorro en cuestión salud se tomaron en cuenta los datos estadísticos de CONAGUA (2008) donde se mencionan los beneficios económicos por un mejoramiento en los servicios de agua, saneamiento e higiene, cuyo valor está dado como promedio por evento.

Tabla 24. Valoración de indicadores económicos del proyecto.

INDICADOR	DESCRIPCIÓN	VALOR
Relación costo – beneficio	Percepción de los habitantes del costo que pagaron durante la implementación del proyecto y el beneficio obtenido	ALTO 79%
Percepción de los beneficios	Estimación aproximada de costos de los beneficios obtenidos por ahorros en el aspecto salud	ALTO 76%
Ahorro en cuestión salud	Análisis con base en datos estadísticos nacionales de los ahorros en cuanto a enfermedades relacionadas con el agua	\$150-\$1850 Promedio por evento

Fuente: Elaboración propia.

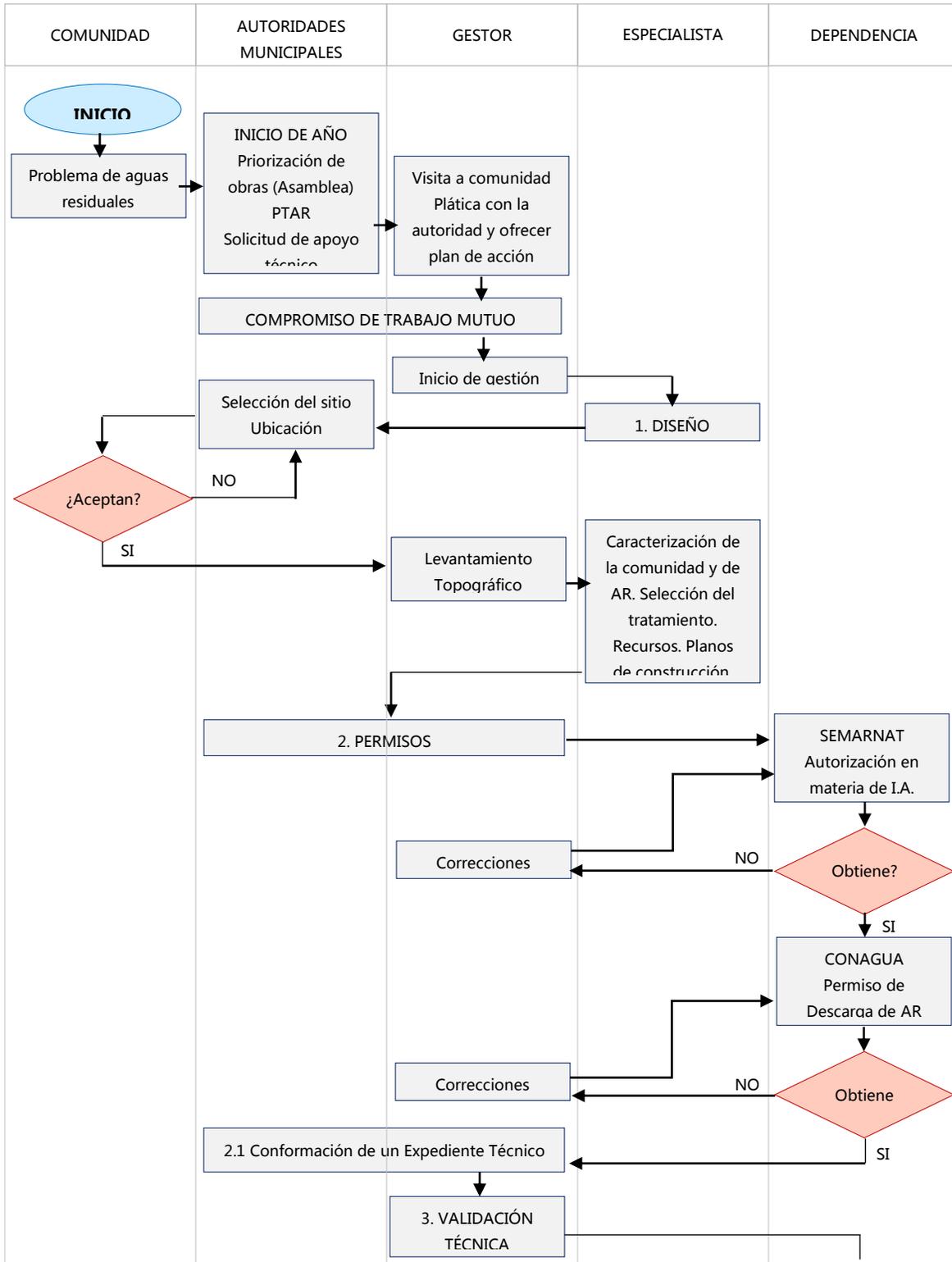
5.4.1. Modelo de Gestión para una PTAR

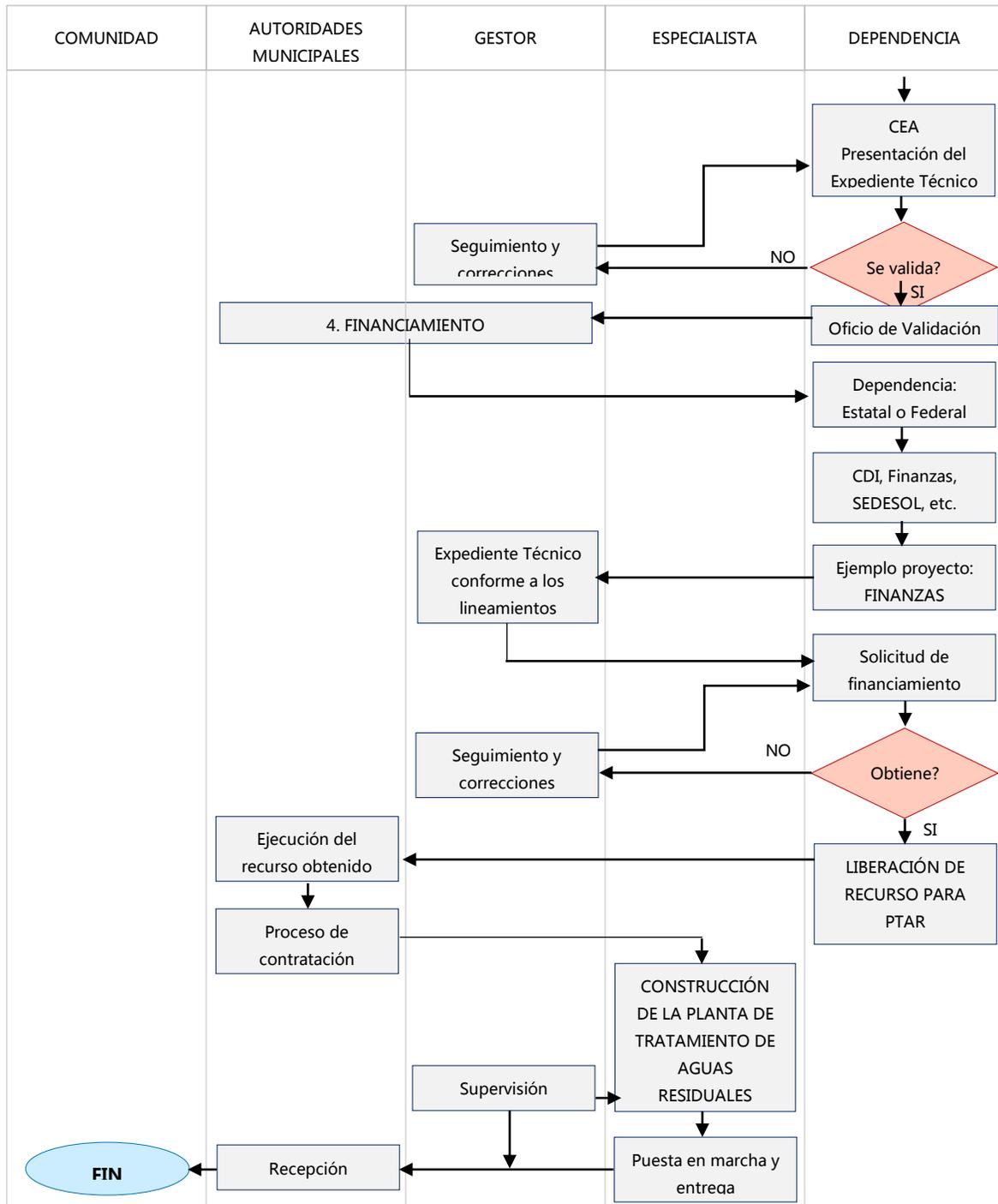
De acuerdo al Modelo sistémico planteado (Figura 20), enfocado tanto a entradas, procesos y salidas, y a la evaluación de resultados y de procedimiento, en el Anexo 10 se presenta el Proceso de gestión de Sistema de tratamiento de Aguas residuales como un modelo, de acuerdo a los requisitos establecidos por la ISO 9001-2008, en el cual se identifican el siguiente objetivo, alcance y productos principales:

- **Objetivo del proceso:** Gestión del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) para fortalecer el desarrollo social de la comunidad a través de acciones de saneamiento ambiental.
- **Alcance:** STAR en la comunidad de San Pablo Yaganiza.
- **Producto (s):** Procedimiento de gestión de una PTAR.
Manual de Operación y mantenimiento de la PTAR.

En la tabla 25 se describe el Procedimiento para la gestión de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales tomando como base la experiencia del Sistema implementado en San Pablo Yaganiza.

Tabla 25. Procedimiento para la gestión de una PTAR.





Fuente: Elaboración propia a partir de ISO 9001:2008.

6. CONCLUSIONES

Este proyecto da respuesta a uno de los problemas actuales sobre el tratamiento de aguas residuales y el bajo nivel de operación de las plantas de tratamiento en comunidades, dando un enfoque sistémico al problema y a la solución.

Una de las estrategias de solución de la CONAGUA, para el problema sobre tratamiento de aguas residuales, considerada como prioritaria, es estimular la innovación en los sistemas y tecnologías en localidades medianas y rurales. Aquí se presenta una metodología de intervención y gestión, replicable a otras comunidades, con un sustento teórico y metodológico, cuyos resultados permiten avalar la misma y proponer mejoras para futuras intervenciones.

Respecto al primer objetivo del proyecto, a través de la evaluación inicial y la caracterización del manejo del agua de la comunidad, se dieron las pautas para la interacción entre el gestor y la comunidad, lo cual es muy importante en toda intervención comunitaria. En este caso se detectó una baja participación y permanencia en las acciones emprendidas inicialmente, significando un contratiempo que se subsanó al adecuar algunas estrategias comunitarias para fomentar la participación; esto como experiencia, da las pautas para futuras intervenciones.

Al diseñar una propuesta en donde la construcción de una PTAR no constituye la solución al problema de aguas residuales por sí misma, el análisis de los elementos que integran al sistema así como las interacciones que se dan entre ellos, haciendo partícipes a la comunidad, permitió describir un proceso en forma integral para promover la apropiación de la solución al problema. Además, es muy importante la orientación técnica-económica a los miembros de la comunidad y autoridades municipales para la elección de la mejor alternativa de solución. Esta orientación debe estar basada en los conocimientos, valores y habilidades del gestor.

La sensibilización y concientización de los miembros de la comunidad se consideró un pilar fundamental en el desarrollo del proyecto, y con la participación de las personas en los talleres, se buscó fortalecer el saneamiento básico de la localidad. Durante la implementación del proyecto, poco a poco, los participantes fueron mostrando un interés real para la mejora de su comunidad y el saneamiento de la comunidad llegando a una participación de tipo interactivo. El desarrollo social es un proceso, cuyas bases ya fueron dadas en Yaganiza existiendo el interés por dar continuidad a estas prácticas.

El trabajo colaborativo fue básico para llegar a los resultados alcanzados y el tener presencia como agente externo e irse integrando en su dinámica, aunque trabajar de

manera colaborativa y cooperativa es algo complejo que requiere de tiempo principalmente. Además, se considera necesario promover y propiciar una cultura de cooperación en las actividades, y es pertinente involucrar a toda la comunidad con un enfoque de tipo educativo para comprender y abordar los diferentes problemas.

Si realmente se quiere lograr un cambio a favor del desarrollo social en comunidades marginadas, de la magnitud que fuere, se requieren grandes esfuerzos y la capacidad de adaptarse a los cambios, por parte de todos los actores involucrados. El enfoque sostenible y solidario es indispensable para dar soluciones a los problemas que los aquejan, con el acompañamiento técnico o del gestor de proyectos.

Partiendo de que la economía solidaria es una manera de vivir que considera la integralidad de las personas y da las bases para proveer de forma sostenible su desarrollo personal, social y ambiental, las acciones de este proyecto, circunscrito en la línea de trabajo de Diseño y Tecnologías Sustentables para la Edificación, incide directamente en un desarrollo social incluyente, que promueve la sostenibilidad a partir del fortalecimiento del capital social. Una de las razones por las que proyectos de este tipo llegan a fracasar en la actualidad, se debe a su realización sin un enfoque social y solidario, es decir, sin tomar en cuenta la interacción entre las personas, el medio ambiente y el desarrollo sostenible como elementos prioritarios.

Está claro que la contaminación del agua es uno de los problemas más graves a los que se enfrenta la humanidad. Sin embargo, este problema se puede mitigar con la ayuda de todos, si se realiza algún cambio significativo en la manera de manejar el recurso y que mejor, si cada persona pueda hacer algo desde su hogar. Uno de los primeros pasos para poder realizar un cambio a gran escala a favor de la sostenibilidad, es poder crear una conciencia ecológica entre cada uno de los miembros de la comunidad. Esto traerá como resultado a mediano y largo plazo, una colectividad más consciente y responsable.

RECOMENDACIONES

Debido a que todavía no entra en operación la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), se recomienda a los responsables del proceso (comunidad y autoridad municipal), la realización de pruebas de calidad a las aguas tratadas, para tener la certeza de que tipo de agua se estará regresando al medio ambiente o incluso reutilizándolo. Estas pruebas empezarán a los seis meses del momento que inicie la operación de la planta y de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas (CONAGUA 2014), se establece que por el tamaño de población, la frecuencia de muestreo tendrá que ser semestral.

Debido a que el tratamiento del agua trae siempre como consecuencia la formación de lodos residuales, subproductos indeseables difíciles de tratar y que implican un costo extra en su manejo y disposición. El lodo resultante de estos procesos debe someterse a un análisis para determinar sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad y biológico-infecciosas (análisis CRETIB), lo que permitirá precisar si el lodo es considerado como un residuo peligroso o como un residuo no peligroso (NOM-052-ECOL-1993) y con base en esto, plantear las alternativas para el manejo y disposición del mismo. Se espera que al tratarse de aguas residuales domésticas, el lodo seco pueda ser utilizado como aditivo mejorador de suelos.

En caso de que el agua tratada decida reutilizarse para riego, se tendrá que consultar nuevamente la norma: NOM-001-SEMARNAT-1996 (CONAGUA, 2014), para verificar la calidad del agua requerida para reúso.

Se recomienda que una vez iniciado el proceso de tratamiento de aguas residuales y se haya verificado la efectividad del tratamiento, se revisen los lineamientos del “Programa de incentivos para la operación de plantas de tratamiento de aguas residuales”. De esta manera la comunidad de San Pablo Yaganiza podría recibir un apoyo económico por parte del gobierno que pudiese utilizar para la misma operación y mantenimiento de su PTAR.

En la última década se ha construido a nivel nacional, una gran cantidad de plantas de tratamiento de aguas residuales, sin embargo, hasta el momento no se ha logrado impactar eficazmente en el saneamiento de cuencas. Al haberse propuesto en este proyecto una metodología para el procedimiento de gestión de una PTAR, se recomienda su réplica en comunidades aguas arriba y aguas abajo de San Pablo Yaganiza, con el fin de lograr poco a poco el saneamiento de la cuenca en que se ubica.

Por otra parte, para el proceso de formación de los gestores de la maestría profesional, se recomienda que mínimo exista la intervención de dos gestores por comunidad de trabajo,

aunque cada uno tenga un tema específico, el apoyo de otra persona con el mismo enfoque siempre es benéfico.

A los gestores y profesionistas en general, después de esta experiencia y el trabajo realizado se recomienda lo siguiente:

Una vez terminado el proceso de formación académica y en caso de iniciar o regresar al ejercicio profesional, es importante tomar en cuenta que el hecho de dar un servicio de seguimiento a los proyectos, una vez concluidos, genera en las comunidades un incremento en la confianza y se traduce en un beneficio para el gestor. La confianza reforzada entre el gestor y la comunidad, puede dar oportunidad para que la comunidad y la autoridad municipal soliciten al gestor, el seguir trabajando con ellos en otros proyectos y dar pauta para poder iniciar un trabajo de soluciones integrales para la comunidad.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Alberich, N. T. (2008). IAP, REDES Y MAPAS SOCIALES: DESDE LA INVESTIGACIÓN A LA INTERVENCIÓN SOCIAL. *Revista PORTULARIA*, Vol. VIII, No 1, 131-151. Universidad de Huelva, España.

Archivo de la comunidad. (2015). Proyecto Ejecutivo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la comunidad de San Pablo Yaganiza, Villa Alta, Oaxaca.

Arriagada, I. (2006). Breve guía para la aplicación del enfoque de capital social en los programas de pobreza. Santiago de Chile: CEPAL.

Arrojo, A. P. (2014). Hacia una Cultura de Agua. *Cultura de Paz*, 20(62), 5-15.

Barkin, D. y Lemus, B. (2011). La economía Ecológica y Solidaria: Una propuesta frente a nuestra crisis. *Revista SUSTENTABILIDADES*, 5, 1-13.

Brown, S. D. (2004). Guía para el manejo de Excretas y Aguas Residuales Municipales. PROARCA/SIGMA.

Caracciolo, M. M. P. F. (2013). Economía Social y Solidaria. Aportes para una Visión Alternativa. *PROGRAMA DE ESTUDIOS AVANZADOS EN ECONOMÍA SOLIDARIA*. IDAES-UNSAM, 1-28.

Castañeda, G. T. (2014, 28 de agosto). Tratamiento de Aguas Residuales. *Revista: IDM Infraestructura y Desarrollo en México*. Recuperado de: <http://revistainfraestructura.com.mx/tratamiento-de-aguas-residuales/>

CEGESTI. (2005). Manual de Transferencia y Adquisición de Tecnologías Sostenibles. Centro de Gestión Tecnológica e Informática Industrial. San José, Costa Rica.

CEPAL. (2011). Capítulo 1: Introducción a la Gestión de Proyectos. CEPAL – SERIE Manuales No. 7. 9-17. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

Chapa, B. C., Guerrero, A. R. (2010). Eutrofización: abundancia que mata. *Revista de divulgación de la ciencia de la Universidad Nacional Autónoma de México*. Año 12. No. 134. 22-25.

CNUMAD. (1992). Tratado de agua dulce. Tratados alternativos de Río'92. Foro Global de las ONG: Construyendo el Futuro. <http://www.eurosur.org/NGONET/tr9244.htm>

COFEPRIS. (2011). Manual de Saneamiento Básico para personal técnico. México, D.F.

CONAGUA. (2007). *Sistemas Alternativos de Tratamiento de Aguas Residuales y Lodos Producidos*. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.

CONAGUA. (2008). *Interrelaciones: Agua y Salud Pública en México*. Informa OMM/PREMIA No. 064, México.

CONAGUA. (2011). *Agenda del Agua 2030*. México, D. F. (1-66).

CONAGUA. (2013). *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Edición 2013*. México, D.F. (1-116).

CONAGUA. (2014). *Estadísticas del Agua en México, Edición 2013*. México, D. F. (1-165).

CONAGUA. (2014) Normas Oficiales Mexicanas. NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997. Subdirección General de Administración del Agua, México.

CONAGUA. (2015). *Curso-taller: Diseño y Elaboración de Proyectos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*.

CONAPO. (2012). *Índice de intensidad migratoria: México-Estados Unidos 2010*. México, D.F.

CONAPO. (2012). *Índice de marginación por localidad 2010*. México, D. F.

Connolly, P., Dodge, H. (1998). *La Ciudad Antigua: la vida en las Atenas y Roma clásicas*. Ed. Acento. Madrid, España. 1-256.

Crites, R., Tchobanoglous, G. (2000). *Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados*. Ed. McGraw Hill. 1-1082.

Echarri, P. L. (1998). *Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente*. Ed. Teide.

Escalante, F. R. (2000). *Investigación, Organización y Desarrollo de la Comunidad*. Ed. Colofon. México, D.F. 1-302.

Escalante, V. et al. (2003). *El reúso del agua residual tratada en México*. IMTA. Seminario Internacional sobre Métodos Naturales para el Tratamiento de Aguas Residuales. 230-236.

Estrella, S. M. V., González, V. A. (2014). *Desarrollo Sustentable. Un nuevo mañana*. Grupo Editorial Patria. México, D.F. 40-63.

Fukuyama, F. (1999). *La gran ruptura. Naturaleza humana y reconstrucción del orden social*. Ed. Atlántida. Vol. 283, No. 5.

Gavilán, B., Massa, I., Guezuraga, N., Bergara, A. y López, A. R. (2010). *Guía para la gestión de proyectos sociales*. Equipo del Observatorio del Tercer Sector de Bizkaia, España.

García, G. R. H. (2014). Caracterización y propuesta de tratamiento de las aguas residuales de la industria de galvanizado de lámina por inmersión en caliente. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Gómez, B. A. (2002). Valuación económica del impacto ambiental de las descargas de aguas residuales municipales. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

Heyer, R. L., Ramos, G. O. G., De la Garza, R. F. R., Rivera, O. P. & Castro, M. B. I. (2008). Calidad del Agua y Salud Pública en la zona centro de Tamaulipas. *CienciaUat*, 46-49.

INEGI. (2010). Compendio de Información geográfica municipal 2010: San Pablo Yaganiza, Oaxaca.

ISO 9001:2008. Sistema de Gestión de Calidad.

Jiménez, C. B. E. (2001). La contaminación ambiental en México. Ed. Noriega Limusa. 1-925.

Mondaca, J. M. A., Campos, A. V. (2003). Riesgo de enfermedades transmitidas por el agua en zonas rurales. Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). Capítulo 13, 155-167.

Montoya, M. P. (2002). Manual para la Gestión de Proyectos. MITRA, 1-42.

Mori, S. M. P. (2008). Una Propuesta Metodológica para la Intervención Comunitaria. LIBERABIT, 81-90. Lima, Perú.

Moscoso, C. J. (1996). Aspectos institucionales, económicos y socioculturales del uso de las aguas residuales. OPS/CEPIS/PUB96.20, Capítulo 12, 127-132. Lima, Perú.

Mota, D. L. (2002). El capital social: un paradigma en el actual debate del desarrollo. Tendencias y problemas. *Espiral*. Estudios sobre estado y Sociedad. Vol. IX. No. 25.

Mota, D. L. y Sandoval, F. E. A. (2006). El rol del capital social en los procesos de desarrollo local. Límites y alcance en grupos indígenas. *Economía Sociedad y Territorio*. Vol. V, No. 20, 781-819.

MRE (Ministerio de Relaciones Exteriores). (2009). El Vivir Bien como respuesta a la Crisis Global. Ed. Diplomacia por la Vida, Vol. 2, 202.

Muñoz, C. A. (2008). Caracterización y tratamiento de aguas residuales.

Naredo, J. M. (2010). Raíces económicas del deterioro ecológico y social: más allá de los dogmas. SIGLO XXI, 3-46.

Noyola, A. (2010). El impacto que ha sufrido el medio ambiente por el vertido de aguas residuales sin tratar. Instituto de Ingeniería, UNAM.

OMS. (2008). Aspectos microbiológicos. Guías para la calidad del agua potable. Capítulo 7, 105-126.

OMS. (2010) *El derecho al agua*. Folleto Informativo No. 35.

OMS. (2011). GLAAS 2010: Revisión Mundial Anual de Saneamiento y Agua Potable de ONU-Agua.

OMS. (2015). Saneamiento. Nota descriptiva No. 391. Junio de 2015. Centro de Prensa.
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs392/es/>

ONU. (2000). A/RES/S-24/2 Resolución aprobada por la Asamblea General. Décima sesión plenaria 1º de julio de 2000. Anexo: Nuevas iniciativas en pro del desarrollo social

PAD. (2007). Gestión. Capacitación de organizaciones base. Paquete Audiovisual Didáctico. Ed. INCLUIR Asociación Civil, Argentina, 1-29.

Páez, D. (2008). Cuaderno de Prácticas de Psicología Social y Salud: Fichas Técnicas sobre Bienestar y Valoración Psico-Social de la Salud Mental. Manuscrito no publicado. San Sebastián: Universidad del País Vasco.

Pérez, P. J. A. (1981). Manual de Tratamiento de Aguas. Universidad Nacional: facultad de minas. Medellín, Colombia.

PMD San Pablo Yaganiza. (2011). Plan Municipal de Desarrollo de San Pablo Yaganiza. Versión 2011.

Putnam, R. (1994). Para hacer que la democracia funcione. Ed. Galac, Caracas.

REAS. (2011). Carta de Principios de la Economía Solidaria. *Portal de economía solidaria*.
<http://www.economiasolidaria.org/carta.php>

Rodríguez, S. J., Fajardo, D. G., Ramírez, S. M. E. (2006). Sistema de aprendizaje para la educación médica. Ed. Medigraphic, Artemisa, 36-41.

Saravia, A. (1985). Un enfoque de sistemas para el desarrollo agrícola. Ed. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica.

Sawyer, R. (2014). El saneamiento ecológico sostenible descentralizado: un nuevo paradigma en el manejo del agua y el saneamiento. *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)*, 183-187.

Spedding, C. R. W. (1979). An Introduction to Agricultural Systems. Chapter 1, The Purposes of Agriculture. Applied Science Publishers, England. *Agricultural Systems*, 1–14.

Toledo, V. M. (1996). Principios etnoecológicos para el desarrollo sustentable de comunidades campesinas e indígenas. Red Latino Americana y Caribeña de Ecología Social.

Torres, S. G. (2016). Desigualdad extrema y tendencias de desarrollo. El caso del estado de Oaxaca, México. OXFAM México y EDUCA, Servicios para una Educación Alternativa A.C.

Tortajada, Q. H. C. (2007). *El Agua y el Medio Ambiente en las Conferencias Mundiales de las Naciones Unidas: Resultados a Largo Plazo*. Agenda 21 Local de Zaragoza.

UNESCO. (2003). Agua para Todos, Agua para la Vida. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP).

UNESCO. (2009). El agua en un mundo en Cambio. 3er Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo (WWDR3).

UNESCO. (2015). Agua para un mundo sostenible. 5o Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo (WWDR5).

UNICEF. (2002). Proyecto “Escuela y Casa Saludable”. Serie de materiales didácticos del programa de agua y saneamiento, 1-45.

SEDESOL. (2015). “Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social” del Estado de Oaxaca. 10 de febrero de 2016. México.

Worchel, S. y Shebilske, W. (1998). Psicología: fundamentos y aplicaciones. Prentice Hall, pág. 607.

¹ <https://futurocostaensenada.wordpress.com/2012/11/01/energias-renovables-bienestar-sin-cambio-climatico/> consultado (02/05/2015).

² <http://www.noticiasnet.mx/portal/principal/45135-colapsa-oaxaca-tratamiento-agua> consultado (02/05/2015).

³ http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Inventario_Nacional_Plantas1.pdf consultado (19/02/16).

⁴ <http://www.cinu.org.mx/temas/desarrollo/dessocial/cumbre/cumbredessocial2000.pdf> consultado (06/01/16).

⁵ <http://www.cinu.org.mx/temas/desarrollo/dessocial.htm> consultado (26/10/15).

⁶ <https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/09/tratamiento-de-aguas-residuales.pdf> consultado (07/05/2015).

- 7 http://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/info/pdf/waste_water_es.pdf consultado (07/05/2015).
- 8 <http://www.ana.gob.pe/media/496331/tratamiento%20sanitario%20de%20aguas.pdf> consultado (07/05/2015).
- 9 http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx?c=27329&s=est consultado (11/11/2014).
- 10 <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM20oaxaca/> consultado (12/11/2014).
- 11 http://es.wikipedia.org/wiki/Regiones_de_Oaxaca consultado (24/11/2014).
- 12 <http://www.sim.oaxaca.gob.mx/> consultado (18/11/2014).

ANEXOS

ANEXO 1. Constituyentes encontrados en las aguas residuales.

Los constituyentes encontrados en las aguas residuales pueden ser clasificados como físicos, químicos y biológicos. Existen análisis empleados usualmente para cuantificar estos constituyentes que se enlistan en la siguiente tabla:

Prueba	Abreviatura/Definición	Uso o significado del resultado
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		
Sólidos totales	ST	Determinar la clase de proceso u operación más apropiada para su tratamiento
Sólidos volátiles totales	SVT	
Sólidos fijos totales	SFT	
Sólidos suspendidos totales	SST	
Sólidos suspendidos volátiles	SSV	
Sólidos suspendidos fijos	SSF	
Sólidos disueltos totales	SDT (ST-SST)	Estimar la reutilización potencial de agua residual
Sólidos disueltos volátiles	SDV	
Sólidos disueltos fijos totales	SDF	
Sólidos sedimentables	Ss	Determinar aquellos sólidos que se sedimentan por gravedad en un tiempo específico
Distribución de partículas por tamaño	DPT	Evaluar el desempeño de los procesos de tratamiento
Turbiedad	UNT	Evaluar la calidad del agua residual tratada
Color	Café claro, gris, negro	Estimar la condición del agua residual (fresca o séptica)
Transmitancia	%T	Estimar si el efluente tratado es apropiado para desinfección con radiación UV
Olor	NUO	Determinar si el olor puede ser un problema
Temperatura	°C o °F	Importante en el diseño y operación de instalaciones de tratamiento con procesos biológicos
Densidad	ρ	
Conductividad	CE	Estimar si el efluente tratado es apto para uso agrícola
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS INORGÁNICAS		
Amonio libre	NH ₄ ⁺	Usado como media de nutrientes y para establecer el grado de descomposición del agua residual; las formas oxidadas pueden tomarse como una medida del grado de oxidación. Usado como medida de nutrientes
Nitrógeno orgánico	N – org	
Nitrógeno total Kjeldahl	NTK (N org + NH ₄ ⁺)	
Nitritos	NO ₂ ⁻	
Nitratos	NO ₃ ⁻	
Fósforo inorgánico	P inorg	

Fósforo total	FT	acuerdo a estos parámetros, entonces se pueden convertir en parámetro de diseño.
Fósforo orgánico	P org	
pH	$\text{pH} = \log 1/[\text{H}^+]$	Medida de la acidez o basicidad de una solución acuosa
Alcalinidad	$\sum \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} + \text{OH}^- - \text{H}^+$	Medida de la capacidad amortiguadora del agua residual
Cloruros	Cl^-	Evaluar la posibilidad de ser empleada en el uso agrícola
Sulfatos	SO_4^{2-}	Estimar la formación potencial de olores y de tratamiento apropiado de lodos residuales
Metales	As, Cd, Ca, Cr, Co, Cu, Pb, Mg, Hg, Mo, Ni, Se, Na, Zn	Estimar la posibilidad de reutilizar el agua residual y los posibles efectos tóxicos en el tratamiento. Las cantidades de metales son importantes en el tratamiento biológico
Compuestos y elementos inorgánicos específicos		Evaluar la presencia o ausencia de un constituyente específico
Gases	$\text{O}_2, \text{CO}_2, \text{NH}_3, \text{H}_2\text{S}, \text{CH}_4$	Presencia o ausencia de un gas
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS ORGÁNICAS		
Demanda bioquímica carbonácea de oxígeno a cinco días	DBOC_5	Medida de la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente un residuo
Demanda bioquímica carbonácea de oxígeno última	$\text{DBOU} (\text{DBO}_\infty \text{ L})$	Medida de la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente un residuo
Demanda de oxígeno nitrogenácea	DON	Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidar biológicamente el nitrógeno amoniacal de un agua residual a nitratos
Demanda química de oxígeno	DQO	Usada con frecuencia como sustituto de la prueba de DBO
Carbono orgánico total	COT	
Compuestos y clases de compuestos orgánicos específicos		Determinar la presencia de compuestos orgánicos específicos y estimar la necesidad de medidas especiales en el diseño para su remoción
CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS		
Organismos coliformes	NMP (número más probable)	Estimar la presencia de bacterias patógenas y la eficiencia del proceso de desinfección
Microorganismos específicos	Bacterias, protozoos, helmintos, virus	Estimar la presencia de organismos específicos en conexión con la operación de la planta de tratamiento y la reutilización del agua
Toxicidad	$\text{UT}_A \text{ Y } \text{UT}_C$	Unidad tóxica aguda, unidad tóxica crónica

Fuente: Crites (2000).

ANEXO 2. Saneamiento adaptativo para saneamiento básico.



Aprendizaje adaptativo para Saneamiento básico en comunidades rurales a través del diseño de una unidad de aprendizaje

Ing. Pablo Jiménez Juárez¹, Dra. Lidia Argelia Juárez Ruiz²
¹Estudiante de Posgrado, Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Oaxaca.
²Profesor-Investigador, Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Oaxaca.




Resumen: En el contexto del Estado de Oaxaca las condiciones sociales y económicas actuales imponen grandes retos para las instituciones responsables de la formación de recursos humanos, quienes deben desarrollar en sus egresados competencias profesionales para abordar problemáticas locales con equidad, solidaridad y sostenibilidad. Como parte de este propósito, en la maestría profesional "Gestión de proyectos para el desarrollo solidario", se ha detectado como elemento transversal fundamental el componente educativo y el conocimiento se genera a través de acciones compartidas, gestionadas por un mediador. La educación no formal es defendida por la UNESCO como las actividades educativas organizadas por regla general fuera del sistema educativo formal, para fortalecer la adquisición de competencias para la vida diaria y la cultura general. A través del aprendizaje adaptativo se pretende sensibilizar, concientizar y capacitar a las personas para ser capaces de aplicar alternativas de solución a problemas ambientales amigables con el entorno. El diseño de una Unidad de aprendizaje (UA) sobre Saneamiento Básico, incluye diversos temas con la finalidad de ser una herramienta complementaria al estilo de vida comunitario, que fomente la conservación y uso racional de recursos en los hogares del medio rural. La UA fue diseñada y dirigida a una población objetivo constituida por jóvenes-mayores de 15 años y adultos.

1 • CONTEXTO

En Oaxaca, México, cuando se hace referencia a temas de saneamiento, cultura ambiental, participación comunitaria, economía, rezago social, equidad de género, etc., la mayoría de las comunidades rurales del estado presentan condiciones similares y están lejos de ser favorables para asegurar una buena calidad de vida para las personas que las habitan.

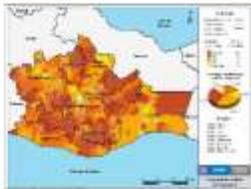


Figura 1. Gráfico de navegación por municipios en el estado de Oaxaca, México. Fuente: CONAPO (2012).



Figura 2. Mapa del proceso de atención comunitaria para evaluar acciones ambientales que beneficien al desarrollo comunitario. Fuente: Elaboración propia a partir de Mirón (2007).



Figura 3 F 4. Acumulación de contaminación y desechos ambiental debido a descarga al río libre del agua residual. Fuente: Pablo Jiménez Juárez (06/11/2014).

2 • METODOLOGÍA

- I Establecimiento de relaciones
- II Ganar comprensión
- III Facilitar flujo/movimiento
- IV Sentar bases y apoyar a la implementación



Figura 5. Comunidad de San Pablo Yaganiza, Mixe Alto, Oaxaca. Ubicación y su entorno, de la capital oaxaqueña.

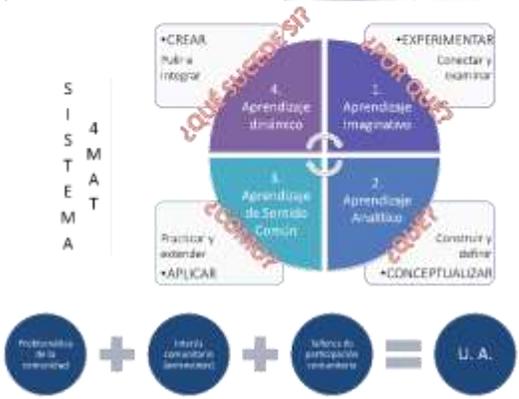


Figura 6. Estructura de la Unidad de Aprendizaje (UA) sobre Saneamiento Básico. El diagrama muestra un ciclo de aprendizaje con cuatro cuadrantes: 1. Aprendizaje Imaginativo (Crear, Experimentar), 2. Aprendizaje Analítico (Construir y definir, Conceptualizar), 3. Aprendizaje de Sentido Común (Practicar y aprender, Aplicar), 4. Aprendizaje Simbólico (Crear, Aplicar). El ciclo está rodeado por los términos 'SISTEMA' y 'COMUNIDAD'. Debajo se muestra la fórmula: Problemática de la comunidad + Interacción comunitaria + Método de participación comunitaria = U.A.

3 • RESULTADOS

UNIDAD DE APRENDIZAJE		
Tema	Descripción	Duración
1. PROTECCIÓN DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.	Identificar los riesgos de contaminación de las fuentes de abastecimiento y su solución mediante una discusión en grupo y visitada.	4 horas
2. DESINFECCIÓN DOMICILIARIA DEL AGUA.	Identificar la importancia de consumir un agua de calidad a través de un cuadro comparativo	2 horas
3. MANEJO HIGIÉNICO DE ALIMENTOS.	Reducir los factores de riesgo para los alimentos que se encuentran dentro del hogar a través algunas medidas de prevención.	2 horas
4. REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS.	Identificar la importancia del manejo eficiente de aguas grises mediante la construcción de beneficios y baños. Construir un baño con materiales reciclados	6 horas
5. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.	Reducir los posibles riesgos a la salud mediante una disposición adecuada de residuos sólidos	4 horas
6. DISPOSICIÓN SANITARIA DE ECRIETAS.	Identificar los riesgos a la salud generados por un mal manejo de excretas por medio de cuadros comparativos. Construir un baño ecológico con materiales reciclados	30 horas

4 • CONCLUSIÓN

Con este proyecto se concluye que la solución a la mayoría de los problemas ambientales tiene que ver con el tema educativo. También es importante ver que las pequeñas acciones pero de grandes números de personas, traen consigo un gran impacto en la búsqueda de la transformación del entorno. Solo se necesita dar un primer impulso para poner a girar la rueda del cambio.

El diseño de esta Unidad de Aprendizaje tiene como base una necesidad sentida, por lo que en el siguiente paso que es la ejecución o implementación de la UA, se espera obtener resultados favorables, con gran aceptación por parte de las personas de la comunidad.

Las acciones educativas no formales, sustentadas en el marco del aprendizaje adaptativo, conducen a la formación de comunidades sustentables. Luego entonces, es posible propiciar un desarrollo comunitario a partir de acciones educativas no formales, que incluyan el aprendizaje adaptativo como una estrategia.

1. CARRERA DE INGENIERÍA EN AGUAS RESIDUALES Y SANEAMIENTO. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, CIIDIR OAXACA. P. JIMÉNEZ JUÁREZ, PABLO. (2016). DISEÑO DE UNA UNIDAD DE APRENDIZAJE SOBRE SANEAMIENTO BÁSICO EN COMUNIDADES RURALES A TRAVÉS DEL DISEÑO DE UNA UNIDAD DE APRENDIZAJE. TESIS DE MAestrÍA. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, CIIDIR OAXACA. 2. ARGELIA JUÁREZ RUIZ, LIDIA. (2016). DISEÑO DE UNA UNIDAD DE APRENDIZAJE SOBRE SANEAMIENTO BÁSICO EN COMUNIDADES RURALES A TRAVÉS DEL DISEÑO DE UNA UNIDAD DE APRENDIZAJE. TESIS DE MAestrÍA. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, CIIDIR OAXACA. 3. MIRÓN, J. (2007). EL PROCESO DE ATENCIÓN COMUNITARIA PARA EVALUAR ACCIONES AMBIENTALES QUE BENEFICIEN AL DESARROLLO COMUNITARIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE MIRÓN (2007).

ANEXO 3. Instrumentos de diagnóstico aplicados.

I. LA LÍNEA DE TIEMPO

Objetivo del ejercicio: a menudo se necesita saber cuáles han sido los cambios significativos en el pasado de la comunidad, los cuales tienen su influencia en los eventos y actitudes del presente. La línea del tiempo es una lista de los eventos claves tal como los participantes los recuerden.

II. MAPA DE RECURSOS NATURALES Y USO DE LA TIERRA

Objetivo del ejercicio: concretizar en un mapa, la visión que los pobladores tienen de la utilización del espacio y de los recursos, y ubicar las informaciones principales relevantes.

III. USOS DEL AGUA

Objetivo del ejercicio: evaluar el concepto de los miembros de la comunidad, sobre la disponibilidad y calidad del recurso hídrico. Este conocimiento es útil para diseñar intervenciones en cuanto al cuidado y conservación del recurso.

ANEXO 4. Unidad de aprendizaje sobre saneamiento básico.



UNIDAD DE APRENDIZAJE

LUGAR: Telesecundaria de San Pablo Yaganiza, Villa Alta, Oaxaca

DURACIÓN: 2 Sesiones

PONENTE: Ing. Pablo Jiménez Juárez. Estudiante de Maestría “Gestión de Proyectos para el Desarrollo Solidario”. CIIDIR IPN Oaxaca.

OBJETIVO: Mostrar a los jóvenes problemas actuales y reales referentes al tema de saneamiento con el propósito de fomentar una conciencia y sensibilidad de dichos temas, así como ayudar a despertar el interés por el cuidado y conservación del medio ambiente.

PROGRAMA:

Sesión 1 (2 horas y 30 minutos)

1. Presentación
 - 1.1. Actividad de presentación grupal
 - 1.2. Dar a conocer los alcances del curso
2. Diagnóstico
 - 2.1. Cuestionario preliminar
 - 2.2. Exposición de imágenes y problemáticas
3. Desinfección domiciliaria de agua
 - 3.1. Problemas de salud relacionados con el consumo de agua contaminada
 - 3.2. Eliminación de partículas
 - 3.3. Alternativas de desinfección
 - 3.4. Práctica con agua de la localidad
4. Reutilización de aguas grises
 - 4.1. Conceptos básicos
 - 4.2. Problemas derivados de un mal manejo de aguas grises
 - 4.3. Antecedentes
 - 4.4. Alternativas de tratamiento
 - 4.5. Selección de tecnología (eficiencia, economía, contexto, replicación, medio ambiente)
 - 4.6. Ventajas de reutilizar las aguas grises (lluvia de ideas)

Sesión 2 (3 horas)

5. Disposición de residuos sólidos
 - 5.1. Conceptos básicos
 - 5.2. Problemas derivados de un mal manejo de residuos sólidos
 - 5.3. Reducir-Reutilizar-Reciclar. Incluye: práctica en la comunidad
 - 5.4. Composta. Incluye: práctica en la comunidad
 - 5.5. Alternativas de disposición
 - 5.6. Análisis y discusión final (lluvia de ideas)
6. Manejo higiénico de alimentos
 - 6.1. Conceptos básicos
 - 6.2. Problemas derivados de la contaminación de alimentos
 - 6.3. Medidas de prevención
 - 6.4. Hábitos en el hogar
7. Evaluación
 - 7.1. Cuestionario final

SESIÓN 1					
TEMA	OBJETIVO	ACTIVIDAD	MATERIALES	DESARROLLO	DURACIÓN
1. Presentación	Establecer un ambiente de confianza entre el mediador y la comunidad por medio de una actividad grupal	1.1 Actividad de presentación grupal		El mediador se presentará ante el grupo de trabajo	5 minutos
		1.2 Dar a conocer los alcances del curso	Cañón Computadora	Se dará a conocer el tema, el objetivo y los contenidos del curso Se presentará el cronograma de actividades	10 minutos
2. Diagnóstico	Realizar una evaluación preliminar al grupo con la ayuda de un cuestionario	2.1 Cuestionario Preliminar	Hojas Lapiceros	Indagación de conocimientos previos:	10 minutos
		2.2 Exposición de imágenes y problemáticas	Cañón Computadora	Sensibilizar a los participantes exponiendo imágenes de otros lugares y zonas de la localidad	15 minutos
3. Desinfección domiciliar del agua	Identificar la importancia de consumir un agua de calidad a través de un cuadro comparativo	3.1 Problemas de salud relacionados con el consumo de agua contaminada	Fotos e imágenes	Exponer algunos problemas de salud y las causas que los ocasionan al consumir agua contaminada	15 minutos
		3.2 Eliminación de partículas	Material didáctico (filtro)	Mostrar las diferentes alternativas para la eliminación de partículas y la importancia de hacerlo	10 minutos
		3.3 Alternativas de desinfección	Esquemas Imágenes Tablas	Mostrar las diferentes alternativas para desinfectar el agua y la importancia de hacerlo	10 minutos
		3.4 Práctica con agua de la localidad		Realizar algunos métodos de limpieza y desinfección con el agua de la localidad	20 minutos
4. Reutilización de aguas grises	Identificar la importancia del manejo eficiente de aguas grises mediante la comparación de beneficios y daños	4.1 Conceptos básicos	Cañón Computadora	Explicación de los conceptos que se utilizarán en esta temática	5 minutos
		4.2 Problemas derivados de un mal manejo de aguas grises		Abordaje de la problemática y justificación	10 minutos
		4.3 Antecedentes		Historia de la temática (niveles macro y micro)	10 minutos
		4.4 Alternativas de tratamiento		Exposición de las diferentes alternativas de tratamiento de aguas grises	10 minutos
		4.5 Selección de tecnología (eficiencia, economía, contexto, replicación, medio ambiente)		Discusión en grupo para seleccionar la mejor alternativa para un tratamiento de aguas grises tomando en consideración el contexto comunitario	10 minutos
		4.6 Ventajas de reutilizar las aguas grises (lluvia de ideas)		Exposición de algunas ventajas de la reutilización de aguas grises enriquecidas con las ideas propias de la comunidad.	10 minutos

DURACIÓN TOTAL: 2 horas 30 minutos

SESIÓN 2					
TEMA	OBJETIVO	ACTIVIDAD	MATERIAL	DESARROLLO	DURACIÓN
5. Disposición de residuos sólidos	Reducir los posibles riesgos a la salud mediante una disposición adecuada de residuos sólidos	5.1 Conceptos básicos	Cañón Computadora	Explicación de los conceptos que se utilizarán en esta temática	5 minutos
		5.2 Problemas derivados de un mal manejo de residuos sólidos	Esquemas Imágenes	Abordaje de la problemática a nivel familiar y comunitario, así como la justificación para la propuesta de alternativas	15 minutos
		5.3 Reducir-Reutilizar-Reciclar Incluir: Práctica en la comunidad	Cañón Computadora Cuadros comparativos Desechos	Se abordarán las técnicas de la triple "R" y sus beneficios. Con los desechos se realizará una práctica para mostrar lo que podría ser reducir, reutilizar y reciclar	45 minutos
		5.4 Composta Incluir: Práctica en la comunidad	Jacal Tierra o aserrín Desechos orgánicos	Exponer y discutir con los participantes los beneficios y usos de la biodegradación de los desechos orgánicos Realizar una pequeña demostración utilizando los desechos locales	45 minutos
		5.5 Alternativas de disposición	Cañón Computadora	Mostrar las alternativas de disposición para los desechos sólidos	10 minutos
		5.6 Análisis y discusión final (Lluvia de ideas)	Hojas Colores Lapiceros	Discutir en grupo la pertinencia de la disposición adecuada de residuos sólidos en el hogar y en la comunidad	10 minutos
6. Manejo higiénico de alimentos	Reducir los factores de riesgo para los alimentos que se encuentran dentro del hogar a través algunas medidas de prevención	6.1 Conceptos básicos	Cañón Computadora	Explicación de los conceptos que se utilizarán en esta temática	5 minutos
		6.2 Problemas derivados de la contaminación de alimentos	Esquemas Imágenes	Abordaje de la problemática a nivel familiar, así como la justificación para la propuesta de alternativas	10 minutos
		6.3 Medidas de prevención	Esquemas Imágenes	Mostrar las alternativas de prevención para enfermedades y daños a la salud debido al consumo de alimentos contaminados	10 minutos
		6.4 Hábitos en el hogar	Hojas Colores Lapiceros	Discutir en grupo las medidas de prevención y hacer esquemas de los hábitos que los participantes están dispuestos a adquirir en sus hogares	15 minutos
7. Evaluación	Realizar una evaluación final	7.1 Cuestionario final	Hojas Lapiceros	Indagación de conocimientos finales	10 minutos

DURACIÓN TOTAL: 3 Horas

ANEXO 5. Análisis de alternativas de tratamiento.

ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

Los trenes de tratamiento que se analizaron son los siguientes:

SISTEMA 1.

Cribado Grueso con rejilla – Desarenado – Microcribado - Reactor anaerobio de flujo ascendente - **lecho intermitente de arenas** – Desinfección con cloro.

SISTEMA 2

Cribado Grueso con rejilla gruesa – Desarenado – Microcribado - Reactor anaerobio de flujo ascendente – **Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente – Humedales artificiales** – Desinfección con cloro.

SISTEMA 3

Cribado Grueso con rejilla – Desarenado – Microcribado - Reactor anaerobio de flujo ascendente– **laguna facultativa** – Desinfección con cloro.

Como podemos observar, el pretratamiento (Cribado Grueso con rejilla – Desarenado - Microcribado) y la desinfección con cloro aparecen en los tres sistemas, lo anterior se debe a que de acuerdo a la experiencia propia, a lo establecido por la CONAGUA y a los parámetros necesarios de descarga, estos elementos son fundamentales para cumplir con las condiciones de operación y funcionamiento en una planta de tratamiento. También podemos ver que en los tres sistemas se usa el digestor anaerobio de flujo ascendente, se ha seleccionado este sistema como primera etapa del tratamiento secundario de las aguas residuales, ya que es un sistema de bajo costo de operación y mantenimiento, además de lo anterior no requiere de mano de obra calificada para su operación y es ideal para utilizar en zonas rurales. Por lo anterior solamente se analizará la segunda etapa del tratamiento secundario de las aguas residuales, las cuales son:

1. FILTRACION INTERMITENTE DE ARENAS
2. FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE – HUMEDALES ARTIFICIALES
3. LAGUNA FACULTATIVA

Para realizar el análisis de las alternativas seleccionadas, se utilizó una matriz de evaluación de operaciones y procesos unitarios de tratamiento, en una de las columnas se ponen los factores importantes que deben de ser considerados al hacer la selección y evaluación de operaciones y procesos unitarios de tratamiento. En las otras columnas se ponen los sistemas o procesos unitarios que se van a evaluar, y se evalúan para cada uno de los factores enlistados, a continuación se presenta la matriz generada:

1

MATRIZ DE ANALISIS DE LA EVALUACION DE OPERACIONES Y PROCESOS UNITARIOS DE TRATAMIENTO					
Factores importantes que deben de ser considerados al hacer la selección y evaluación de operaciones y procesos unitarios de tratamiento.			SISTEMA DE TRATAMIENTO		
No.	Factor	Descripción	Lecho intermitente de arenas	FAPA - pantanos artificiales	Laguna Facultativa
1	Aplicabilidad de procesos	La aplicabilidad de un proceso se evalúa de acuerdo con la experiencia, datos existentes de plantas de tratamiento y datos de plantas piloto. Si existen condiciones nuevas o poco comunes, será necesario hacer estudios experimentales.	Apto para tratamiento de Aguas residuales domésticas de las características consideradas.	Apto para tratamiento de Aguas residuales domésticas de las características consideradas.	Apto para tratamiento de Aguas residuales domésticas de las características consideradas.
2	Ámbitos de flujos	Los procesos deberán ser diseñados para soportar los ámbitos de flujo esperados. Por ejemplo, las zanjas de estabilización no son adecuadas para flujos extremadamente grandes.	Conveniente para el flujo esperado	Conveniente para el flujo esperado	Conveniente para el flujo esperado
3	Variaciones de flujo	La mayoría de los procesos trabajan, mejor con un flujo constante, sin embargo, se pueden aceptar variaciones. Si la variación del flujo es demasiado grande, la igualación o regulación de flujo podrá ser necesaria.	El digestor instalado previo a los sistemas funciona como tanque de igualación		
4	Características del influente	Las características del influente afecta al tipo de proceso que se pretende usar (químico o biológico) y a los requerimientos para una operación adecuada.	En la localidad no existen industrias, ni rastros que puedan afectar las características del agua residual que ingresa a la planta de tratamiento		
5	contaminantes Inhibidores e Inafectables	Se deberán de detectar los contaminantes que están presentes y bajo que condiciones; además de, determinar el tipo de contaminantes que no son afectados durante el tratamiento.	En la localidad no existen industrias, ni rastros que puedan afectar las características del agua residual y que puedan arrastrar inhibidores que afecten el tratamiento.		
6	Restricciones climatológicas	La temperatura afecta a la mayoría de los procesos químicos y biológicos.	Trabajo bajo cualquier condición climática	Sistema que trabaja de manera adecuada a las condiciones climáticas prevalecientes en la zona.	Sistema que trabaja de manera adecuada a las condiciones climáticas prevalecientes en la zona.
7	Eficiencias	La eficiencia de tratamiento es medida en términos de calidad del efluente, el cual deberá ser consistente con los requerimientos dados.	Eliminación de bacterias 95 y 99%, reducción de la DBO 90% y la de sólidos en suspensión del 75%	FAPA con eficiencias del 80% en DBO y sistema de pantanos con eficiencias del 70-80%	Reducción de DBO 50 y 95%, Sólidos suspendidos en el efluente 40 a 60 mg/L
8	Restricciones en el manejo de lodos	Se deberá determinar y conocer las posibles restricciones que pudieran hacer muy caro o inoperante el manejo de lodos. En cualquier caso, un método de tratamiento deberá ser seleccionado solamente después de que los procesos y operaciones de manejo del lodo han sido estudiados.	Sin problemas por exceso de generación de lodos	Sin problemas por exceso de generación de lodos	Sin problemas por exceso de generación de lodos
9	Restricciones ambientales	Factores ambientales, tales como vientos predominantes y direcciones del viento pueden restringir el uso de ciertos procesos, especialmente cuando se producen malos olores.	Trabajo bajo cualquier condición climática	Por la zona donde se instalara las restricciones de temperatura no son críticas	Por la zona donde se instalara las restricciones de temperatura no son críticas
10	Restricciones de espacio y geográficas	Se deberá verificar que se cuenta con el espacio suficiente para realizar la construcción de la operación y si no existen escurrimientos naturales, fallas o accidentes topográficos que impidan construir la unidad.	El espacio aproximado para la instalación de este sistema es de 450 m ²	El espacio aproximado para instalar este sistema es de 110 m ² .	El espacio aproximado para instalar este sistema es de 700 m ²
11	Requerimientos químicos	Se deberán definir los recursos y las cantidades de químicos necesarios, para un periodo largo de tiempo, para la operación exitosa de las operaciones o procesos unitarios.	No es necesario	No es necesario	No es necesario
12	Requerimientos de energía	Si se requiere de sistemas de tratamiento económicos, se tiene que estimar los requerimientos de energía, así como los costos futuros de energía.	No existe consumo de energía eléctrica	No existe consumo de energía eléctrica	No existe consumo de energía eléctrica
13	Otros requerimientos de recursos	Deben ser considerados los recursos adicionales para la implementación exitosa del tratamiento propuesto.	Para la operación solamente se requiere mano de obra no calificada	Para la operación solamente se requiere mano de obra no calificada	Para la operación solamente se requiere mano de obra no calificada
14	Rehabilitación	La experiencia en rehabilitación de los procesos bajo consideración es esencial, para determinar si la operación del proceso será fácilmente afectada o si se pueden soportar cargas pico periódicas, se deberá estimar como influyen estos eventos en la calidad del efluente.	Necesario reponer o lavar la arena que se extrae cada periodo de mantenimiento	Es necesario realizar la poda de las plantas cada periodo de mantenimiento del sistema	Se necesita drenar la laguna cada periodo de mantenimiento para evitar que el asolve de sedimentos disminuya el volumen efectivo de la laguna
15	Complejidad de operación	Será recomendable conocer la complejidad de la operación, bajo condiciones rutinarias y bajo condiciones de emergencia, tales como cargas pico, así como el de entrenamiento que deben de tener los operadores para operar debidamente el proceso.	Facil operación del sistema	Facil operación del sistema	Facil operación del sistema
16	Compatibilidad	Se deberá conocer si los procesos propuestos pueden ser usados exitosamente con las unidades y procesos existentes, si puede ser llevada a cabo fácilmente la extensión de la planta y si es el tipo del reactor podrá ser modificado.	Compatible con los procesos y unidades propuestos	Compatible con los procesos y unidades propuestos	Compatible con los procesos y unidades propuestos

CONCLUSIONES

Después de realizar el análisis de los sistemas propuestos utilizando la matriz de evaluación de operaciones y procesos unitarios de tratamiento, podemos hacer las siguientes observaciones:

Dado que el clima en el sitio de construcción de la planta de tratamiento es templado, cualquiera de los sistemas de tratamiento analizados cumple con las condiciones de operación y de calidad de descarga de las aguas residuales. En el resto de los factores de la matriz se puede observar que los sistemas propuestos son aptos para zonas rurales, de baja disponibilidad de recursos y fáciles de operar. En el factor de restricciones de espacio y geográficas se observa que cualquiera de los sistemas es viable a construirse en el espacio disponible, sin embargo es importante mencionar que por la orografía del predio, se debe de estabilizar el terreno con muros de contención y taludes para poder cumplir con las necesidades de área superficial, por lo cual es necesario elegir el sistema que **ocupe el menor espacio** para economizar en tiempo de ejecución de los trabajos y recurso económico para la construcción del sistema.

Por lo anteriormente mencionado, y lo observado en la matriz podemos concluir que el sistema más viable para utilizar es el sistema secundario que combina el **filtro anaerobio de flujo ascendente y los pantanos artificiales combinados**.

ANEXO 6. Cuestionario aplicado a jóvenes de nivel secundaria.



CUESTIONARIO

Para la evaluación del curso taller de biofiltro para la mejora del saneamiento básico de la vivienda rural, con participación empoderada de los jóvenes de la telesecundaria.
San Pablo Yaganiza, Oaxaca

OBJETIVO DEL CUESTIONARIO: Evaluar los conocimientos aprendidos, la tecnología, material didáctico utilizado y valores identificados de el curso taller de biofiltro con participación empoderada de jóvenes.

Nombre del Entrevistado: _____ No. de Cuestionario: _____
Edad: _____ Sexo: H M
Fecha: _____

EVALUACIÓN DEL CURSO TALLER

1.- Menciona algunos usos que le des al agua dentro de tu casa.

2.- ¿ Participas o estas involucrado en algún proyecto de tu comunidad?

SI NO

Escribe algunos . (Si tu respuesta fue si)

3.- ¿Los instructores que impartieron el curso fueron claros en la explicación de los conceptos brindados del cuidado y buen manejo del agua?

SI NO

¿Porqué?

4.- ¿Te gustaría que se realizarán más cursos talleres de capacitación como este en tu comunidad?

SI NO

¿Porqué?

5.-¿Qué mensajes te deja la historieta?

6.- De manera general ¿Cómo te pareció el curso taller de biofiltro?

Muy bien Regular
 Bien Mal

¿Porqué?

7.- La impartición y el contenido del curso te pareció...

Aburrido Útil
 Tedioso Otros: _____
 Interesante

¿Porqué?

8.- En cuestión de tiempo ¿Cómo te pareció la duración del taller?.

Extenso Adecuado
 Corto

IPN CIIDIR Oaxaca - Maestría "Gestión de proyectos para el desarrollo solidario"

9.- ¿Cómo consideras que fue la participación de tus compañeros de clase en los talleres?

Mucha Regular
 Poca Nula

10.- ¿Sentiste confianza para participar en el curso taller?

SI NO

¿Porqué?

11.- ¿Crees que es importante la construcción de un biofiltro?

SI NO

¿Por qué?:

12.- Con lo aprendido ¿Crees poder construir un propio biofiltro en tu vivienda?

SI NO

¿Porqué?

13.- Describe los tipos de tratamiento de las aguas residuales.

14.- ¿Fue importante trabajar en equipo para construir el biofiltro?

SI NO

¿Por qué?

IPN CIIDIR Oaxaca - Maestría "Gestión de proyectos para el desarrollo solidario"

ANEXO 7. Tríptico con información del STAR.

Algunos hábitos para el cuidado del agua son:

- 1** Cuida el agua y no la desperdices, sobre todo al bañarte o al lavar trastes.
- 2** No uses el W.C. (excusado) como bote de basura.
- 3** Utiliza poco detergente en la limpieza de tu hogar.
- 4** Retira los residuos de comida antes de lavar los trastes.
- 5** Evita tirar basura al medio ambiente (ríos, bosque, etc.).

El presente material informativo forma parte del proyecto de tesis "Sistema de tratamiento de aguas residuales para fortalecer el desarrollo social de la comunidad de San Pablo Yaganiza, Villa Alta, Oaxaca" desarrollado dentro de la maestría de Gestión de Proyectos para el Desarrollo Solidario en el CIIIR-IPN Oaxaca.

ELABORADO POR:
Ing. Pablo Jiménez Juárez

CON LA ASESORIA DE:
Dra. Lidia A. Juárez Ruiz
Ing. Horacio Castillo Mérida

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE SAN PABLO YAGANIZA

SITUACIÓN
PLANTA DE TRATAMIENTO
BENEFICIOS

¿QUÉ ES LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA?
ES UNA MODIFICACIÓN QUE RUEDE EL LÍQUIDO IMPROPIO O PELIGROSO PARA EL CONSUMO HUMANO Y LA UTILIZACIÓN EN OTRAS ACTIVIDADES.

¿POR QUÉ ES UN PROBLEMA?
EN MÉXICO, ES UN PROBLEMA CADA VEZ MAYOR, YA QUE SE GENERAN MILLONES DE LITROS DE AGUA RESIDUAL QUE NO SON TRATADOS DE LA MANERA ADECUADA Y CONTAMINAN EL MEDIO.

SAN PABLO YAGANIZA
LA COMUNIDAD TAMBIÉN CARECE DE UN MANEJO ADECUADO DE SUS AGUAS RESIDUALES COMO PODEMOS VER EN LA SIGUIENTE IMAGEN.

¿QUÉ ES UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL?
ES UNA INSTALACIÓN DONDE A LAS AGUAS RESIDUALES SE LES RETIRAN LOS CONTAMINANTES PARA HACER DE ELA UN AGUA SIN RIESGOS A LA SALUD Y AL MEDIO AMBIENTE.

Tecnología: REPRESENTA LA OBRA CONSTRUÍDA CON LA CAPACIDAD DE DAR TRATAMIENTO A LAS AGUAS RESIDUALES.

SOCIEDAD: LA COMUNIDAD ES LA PARTE MÁS IMPORTANTE YA QUE DE USTEDES DEPENDE LA VIDA DEL PROYECTO.

MEDIO AMBIENTE: EL CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE ES UNO DE LOS OBJETIVOS PRINCIPALES, YA QUE DE EL DEPENDEMOS PARA PODER

- 1** DEVOLVER AGUA DE MEJOR CALIDAD AL AMBIENTE.
- 2** DISMINUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE SUELO, AIRE Y AGUA.
- 3** CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS VIVOS.
- 4** EVITAR PROBLEMAS DE SALUD POR AGUAS CONTAMINADAS.
- 5** POSIBLE REMUNERACIÓN DE CONAGUA.

"Salva el agua y ella te salvará a ti"

ANEXO 8. Cuestionario aplicado en el taller de concientización.



TALLER DE CONCIENTIZACIÓN SOBRE CONTAMINACIÓN DEL AGUA Y TRATAMIENTO



CUESTIONARIO FINAL

OBJETIVO: Evaluar el capital social de la comunidad de San Pablo Yaganiza en relación con el proyecto del sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR).

INDICACIONES: Encierra con un círculo o marca el nivel de evaluación que da a cada aspecto.

CONFIANZA		
Su confianza actual hacia el gestor (ingeniero) encargado del proyecto del STAR es:	1. Baja 2. Moderada	3. Alta 4. Muy Alta
Su confianza hacia el equipo técnico que construyó la planta de tratamiento de aguas residuales es:	1. Baja 2. Moderada	3. Alta 4. Muy Alta
Su confianza hacia su autoridad municipal es:	1. Baja 2. Moderada	3. Alta 4. Muy Alta
Su confianza hacia los miembros de su comunidad es:	1. Baja 2. Moderada	3. Alta 4. Muy Alta
Su confianza al inicio del proyecto del STAR hacia el encargado del proyecto era:	1. Baja 2. Moderada	3. Alta 4. Muy Alta
COOPERACIÓN		
¿Cómo evalúa su cooperación con respecto al proyecto del STAR?	1. Baja 2. Moderada	3. Alto 4. Muy Alto
¿Cuál es su nivel de apreciación sobre la cooperación de las personas de la comunidad para el logro del proyecto del STAR?	1. Bajo 2. Moderado	3. Alto 4. Muy Alto
¿Qué nivel de cooperación tendrá usted en actividades de beneficio común como tequios, para preservar el proyecto del STAR?	1. Bajo 2. Moderado	3. Alto 4. Muy Alto
CONCIENCIA AMBIENTAL		
¿Qué nivel de responsabilidad considera que deben tener las personas respecto al cuidado del medio ambiente en su comunidad?	1. Bajo 2. Moderado	3. Alto 4. Muy Alto
¿Cómo evalúa la necesidad de organizar y realizar actividades comunitarias para preservar la naturaleza?	1. Baja 2. Moderada	3. Alto 4. Muy Alto
Después de este proyecto y participar en este taller, ¿qué nivel de importancia tiene el medio ambiente en su vida diaria y en la de su familia?	1. Bajo 2. Moderado	3. Alto 4. Muy Alto
ECONOMÍA		
¿Cómo evalúa el nivel de ahorros en el aspecto salud que tendrá usted y su familia debido al proyecto del STAR?	1. Bajo 2. Moderado	3. Alto 4. Muy Alto
¿Cómo evalúa el beneficio que recibe al tener en su comunidad un STAR respecto al costo que ha pagado por el mismo?	1. Bajo 2. Moderado	3. Alto 4. Muy Alto
RECIPROCIDAD		
¿Cómo evalúa el o los beneficios que ha recibido por parte de su comunidad?	1. Bajo 2. Moderado	3. Alto 4. Muy Alto
¿Cómo evalúa su prestación voluntaria de trabajo a cambio de lo que ha recibido de su comunidad?	1. Baja 2. Moderada	3. Alto 4. Muy Alta
Su disponibilidad para apoyar a otras obras en su comunidad es:	1. Baja 2. Moderada	3. Alto 4. Muy Alta

¿Qué tipo de obra y por qué? _____

ANEXO 9. Manual de operación y mantenimiento gráfico para la PTAR.



 "SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA FORTALECER EL DESARROLLO SOCIAL DE LA COMUNIDAD DE SAN PABLO YAGANIZA"

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL UNIDAD OAXACA | 

REJILLA DE CRIBADO

El agua del alcantarillado sanitario es conducida hasta el primer paso del sistema de tratamiento: la rejilla de cribado. La rejilla evita que objetos tales como botellas, bolsas, sogas, trapos, etc. pasen a los elementos del sistema de tratamiento, por lo que ésta deberá limpiarse diariamente, la limpieza consiste en el barrido y recolección de los sólidos retenidos. La limpieza se hace con un rastrillo de jardinería. Los sólidos que se recolectan se depositan en la charola de secado para permitir que pierdan humedad, una vez secos se depositan en bolsas plásticas y se disponen como residuos sólidos.



Figura 1. Limpieza de la rejilla.

REJILLA

MANTENIMIENTO: DIARIO

EQUIPO:



PROCESO:



1. Limpiar la rejilla con la ayuda del rastrillo. 2. Disponer de los residuos sólidos en el basurero. **NOTA:** Uso obligatorio de guantes, botas y cubrebocas.

ANEXO 10. Proceso de gestión del STAR.

- **Objetivo del proceso:** (1) Gestión del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) para fortalecer el desarrollo social de la comunidad a través de acciones de saneamiento ambiental.
- **Alcance:** (2) STAR en la comunidad de San pablo Yaganiza.
- **Producto (s):** Procedimiento de gestión de PTAR.
Manual de Operación y mantenimiento de la PTAR.

Entradas

Proveedor (es)	Producto / Insumo	Características del producto / Insumo	Documento de referencia
(3)	(4)	(5)	(6)
Comunidad.	Diagnóstico social.	Caracterización de la comunidad en el uso y manejo de sus aguas residuales. Organización y prácticas comunitarias.	Plan de desarrollo municipal (PDM).
Comunidad y gestor.	Diagnóstico técnico.	Caracterización de AR, Tipos de plantas de tratamiento.	Expediente técnico y bibliografía.
Medio ambiente.	Diagnóstico ambiental.	Caracterización de recursos naturales y del problema de contaminación ambiental.	PDM, Reporte de inspección visual.

Desarrollo

Etapas y Actividades	Responsable (s)	Herramientas	Actividades de control (Criterios de Aceptación o Rechazo)	Documentos de referencia
(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Gestión social.	Gestor y autoridad.	Talleres e instrumentos aplicados.	Inspección visual. Pláticas informales. Aplicación de dos cuestionarios abiertos. Taller de sensibilización con participación de la comunidad. Taller concientización y aplicación de cuestionario para evaluar los tres ejes del capital social comunitario.	PDM. Instrumento. Guía temática y presentación. Guía temática, presentación e instrumentos.
Gestión técnica.	Técnico y gestor.		Curso de educación no formal de saneamiento básico. Práctica de formación ambiental. Proyecto ejecutivo Elaboración y entrega del manual gráfico de operación y mantto.	Unidad de aprendizaje. Unidad de aprendizaje. Diagnóstico técnico Proyecto ejecutivo.
Gestión financiera.	Autoridad y gestor.		Proyecto ejecutivo. Solicitudes de apoyo financiero a	Normativa Federal y Estatal.

			dependencia.	
--	--	--	--------------	--

Salidas

Cliente o receptor del producto	Producto (s)	Características del (los) producto (s)
Comunidad.	Plan ejecutivo del proyecto de Sistema de tratamiento de AR.	Descripción detallada del desarrollo del proyecto, para dar cumplimiento del 100% de los objetivos y metas del proyecto.
Comunidad y autoridades municipales.	Cursos y talleres de concientización y capacitación.	Unidad de aprendizaje detallada, tríptico informativo del proyecto, cuestionarios y evaluación social realizada.
Dependencia y autoridades municipales.	Proyecto ejecutivo.	Planos arquitectónicos y estructurales del diseño de la PTAR; Permisos; Costos.
Autoridad municipal.	Expediente técnico.	Información recopilada de acuerdo a los lineamientos de la dependencia.
Autoridad municipal.	Manual de operación y mantenimiento de la PTAR.	Descripción detallada y sencilla para operar la planta de tratamiento.

Medición y seguimiento del proceso / servicio

Indicador	Frecuencia	Responsable
Asistencia a talleres y cursos Participación en reuniones (confianza) No. de reuniones comunitarias sobre el tema. Apoyo en las actividades (cohesión social y cooperación)	Según programa de actividades.	Gestor y autoridad municipal.
EFICACIA: Relación que existe entre lo planificado y los resultados	Única – Final	
EFICIENCIA: Relación entre el resultado y los recursos utilizados	Única – Final	

ELABORÓ: (18) <i>Ing. Pablo Jiménez Juárez</i>	REVISÓ: (19) <i>Dra. Lidia A Juárez Ruiz</i>	APROBÓ: (20)
	AUTORIZO: (21)	

ANEXO 11. Participación en congresos.

1. **Pablo Jiménez-Juárez y Lidia A. Juárez-Ruiz.** CONSERVACION DEL AMBIENTE MEDIANTE GESTIÓN DE SISTEMA PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COMUNIDADES MARGINADAS. XV Congreso Internacional y XXI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales. 15 al 17 de junio de 2016, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México.
2. **Pablo Jiménez-Juárez, Lidia A. Juárez-Ruiz.** APRENDIZAJE ADAPTATIVO PARA SANEAMIENTO BÁSICO EN COMUNIDADES RURALES A TRAVÉS DEL DISEÑO DE UNA UNIDAD DE APRENDIZAJE. IX Congreso Internacional de Innovación Educativa: Tendencias y Desafíos Universidad Veracruzana. Hotel Castelo. Av. Las Américas 241, Boca del Río, Veracruz, México. 21-23 de octubre 2015
3. **P. Jiménez J., L. A. Juárez R., A. I. Gijón Y.** GESTIÓN CON ENFOQUE SUSTENTABLE Y SOLIDARIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COMUNIDADES MARGINADAS DE OAXACA, MÉXICO. CONPAT 2015. XIII Congreso Latinoamericano de Patología y XV Congreso de Control de Calidad en la Construcción, 8 al 10 de septiembre de 2015. Lisboa, Portugal.
4. **Jiménez-J. P., Juárez-R. L.A.** ACCIONES DE EDUCACIÓN AMBIENTAL EN HOGARES PARA CONTRIBUIR A LA CONSERVACIÓN COMUNITARIA SUSTENTABLE MEDIANTE LA GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA. XIV Congreso Internacional y XX Congreso Nacional de Ciencias Ambientales. Complejo Cultural Universitario de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Del 3 al 5 de junio de 2015. Puebla, México
5. **Pablo Jiménez-Juárez, Lidia A. Juárez-Ruiz, A. Iván Gijón-Yescas.** LA SOSTENIBILIDAD EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COMUNIDADES MARGINADAS DE OAXACA. 1er. Congreso Internacional sobre "Cultura, Patrimonio y Sostenibilidad 2015". Facultad de Arquitectura CU. UABJO. 31 de mayo al 4 de junio 2015. Oaxaca de Juárez, Oax.
6. **Jiménez J. P., Gijon Y. A. and Juárez R. L.** THE MANAGEMENT IN THE WASTE WATER TREATMENT FOR PROMOTION OF SOCIAL DEVELOPMENT IN MARGINALIZED COMMUNITIES OF OAXACA, MEXICO. International Conference on Natural Resources and Sustainable Development Goals in Latin America 2014. 2 al 5 de septiembre de 2014, San Luis Potosí, SLP, México
7. **Jiménez J.P.,** SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA FORTALECER EL DESARROLLO SOCIAL DE LA COMUNIDAD DE SAN PABLO YAGANIZA, VILLA ALTA. 1ª. Exposición de avances de Proyecto de la Maestría en Gestión de proyectos para el Desarrollo Solidario, con el CARTEL realizada en el CIIDIR Oaxaca el 19 de junio de 2015.