



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CIIDIR UNIDAD OAXACA

LÍNEA DE TRABAJO
DISEÑO Y TECNOLOGÍAS SUSTENTABLES PARA LA EDIFICACIÓN

**“PROPUESTA DE TECNOLOGIA APROPIADA PARA EL
SANEAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES
UNIFAMILIARES EN SAN SEBASTIÁN ETLA, OAXACA”**

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

PRESENTA
**EDBERG DANIEL
MARTINEZ JIMENEZ**

DIRECTORES DE TESIS
DR. CARLOS ESPINOZA NAJERA
M.A. JOSE LUIS CABALLERO MONTES

OAXACA, MEXICO. JUNIO DE 2018



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca siendo las 9:00 horas del día 24 del mes de mayo del 2018 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR OAXACA para examinar la tesis titulada:
Propuesta de Tecnología Apropriada para el Saneamiento de las Aguas Residuales Unifamiliares de San Sebastián Ella, Oaxaca

Presentada por el alumno:

Martínez Jiménez
Apellido paterno Apellido materno
Nombre(s) Edberg Daniel

Con registro:

B	1	6	0	2	3	9
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

Maestría en Gestión de Proyectos para el Desarrollo Solidario

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

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

Dr. Carlos Espinoza Nájera

M. en A. José Luis Caballero Montes

Dra. Lidia Argelia Juárez Ruiz

Dr. Rafael Álvarez Ramírez

M. en A. Laura Lourdes Gómez Hernández

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. Salvador Isidro Belmonte Jiménez



CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACIÓN PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
CIIDIR
UNIDAD OAXACA
IPN



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca el día 1 del mes junio del año 2018, el (la) que suscribe Martínez Jiménez Edberg Daniel alumno (a) del Programa de Maestría en Gestión de Proyectos para el Desarrollo Solidario con número de registro B160239, 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 los Dr. Carlos Espinoza Nájera y M. en C. José Luis Caballero Montes y cede los derechos del trabajo intitulado Propuesta de Tecnología Apropriada para el Saneamiento de las Aguas Residuales Unifamiliares de San Sebastián Etla, Oaxaca, 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 danielmarjim@hotmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


EDBERG DANIEL MARTÍNEZ JIMÉNEZ

Nombre y firma



RESUMEN

Actualmente más del 80% de las aguas residuales (AR) en países en vías de desarrollo no recibe ningún tratamiento, 40% debido a elevados costos de tecnologías convencionales. Es por lo anterior necesario la búsqueda de tecnologías alternativas que incorpore principios de sostenibilidad para abordar la problemática del saneamiento de las AR de manera viable. El objetivo de este trabajo fue proponer el uso de una tecnología apropiada para contribuir al saneamiento de las aguas residuales unifamiliares en la comunidad de San Sebastián Etna, Oaxaca, México (SSEO). La metodología general aplicada fue una metodología mixta de seis etapas adaptada al proyecto (1. Diagnóstico de la comunidad, 2. Identificación de la problemática, 3. Planeación de estrategias de intervención, 4. Diseño conceptual de una tecnología alternativa, 5. Difusión y 6. Evaluación) diseñada a partir del análisis de tres metodologías participativas; intervención comunitaria (IC), investigación-acción (IAP) y APERPRODER. En la etapa 1 y 2 se identificó que el 75% de la población afirma que el problema de las AR en su comunidad es evidente y urge su solución a través de una propuesta tecnológica adaptada a características de sus viviendas. En la etapa 3 se identificó que los talleres participativos no son factibles para intervenir en la comunidad, por lo que se optó por considerar el diseño de la tecnología y su difusión como estrategia de intervención. En la etapa 4, se diseñó conceptualmente una tecnología innovadora (Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU)), con eficiencias teóricas de remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en 89.84 %, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 85.42 % y grasas y aceites mayores al 80%, presentando mejor eficiencia que el biodigestor prefabricado y la fosa séptica, y menor costo en comparación con estas tecnologías. En la etapa 5, el 82.5% de los pobladores identificaron la tecnología como buena alternativa para el saneamiento de sus AR. Con respecto a la etapa 6, bajo el enfoque de la economía solidaria se identificó un capital social moderado en la comunidad, demostrando confianza moderada y una baja participación durante el proceso de intervención.

Palabras clave: Aguas residuales, economía solidaria, saneamiento, tecnología alternativa.

ABSTRACT

Currently, more than 80% of wastewater (WW) in developing countries does not receive any treatment is not treated, 40% due to high costs of conventional technologies. Therefore, it is necessary to search for alternative technologies that incorporate sustainability principles to address the problem of WW sanitation feasibly. The aim of this work was to propose the use of an appropriate technology to contribute to the sanitation of domestic WW in the community of San Sebastian Etila, Oaxaca (SSEO). The general methodology applied was a six-stage mixed methodology adapted to the project (1. Community diagnosis, 2. Identification of the problem, 3. Planning of intervention strategies, 4. Conceptual design of an alternative technology, 5. Dissemination and 6. Evaluation) which was designed based on the analysis of three participatory methodologies; Community intervention (CI), participatory action research (PAR) and APERPRODER. In stages 1 y 2 , it was identified that 75% of the population affirms that the problem of WW in their community is evident and a solution is urgently needed through a technological proposal adapted to the characteristics of their homes. In stage 3, it was identified that participatory workshops was not feasible to intervene in the community, so it was decided to propose the design of a technology and its dissemination as an intervention strategy. In stage 4, an innovative technology (Single-Family Hybrid Reactor (RHU)) was designed conceptually, with theoretical efficiencies of removal of Biochemical Oxygen Demand (BOD) in 89.84%, Chemical Oxygen Demand (COD) 85.42% and fats and oils higher than 80%, which was more efficient than the prefabricated bidigestor and the septic tank, and a lower cost compared to these technologies. In stage 4, 82.5% of the inhabitants identified the technology as a good alternative for the sanitation of their WW. In stage 5 corresponding to the technological diffusion, 82.5% of the inhabitants identified the technology as a good alternative for the sanitation of their WW. Regarding stage 6, under the solidarity economy approach, the study found that the social capital in the community was moderate since the population showed moderate confidence and low participation during the intervention process.

Keywords: Wastewater, solidarity economy, sanitation, alternative technology

INDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
INDICE.....	iii
INDICE DE TABLAS.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vii
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES.....	4
JUSTIFICACION.....	8
OBJETIVO GENERAL.....	10
OBJETIVOS ESPECIFICOS	10
CAPITULO 1. MARCO TEORICO	16
1.1. Marco Conceptual.....	16
1.1.1. Aguas residuales.....	16
1.1.2. Normatividad de las aguas residuales.....	18
1.1.3. Saneamiento de las aguas residuales.....	20
1.1.4. Enfoques del estudio	25
1.2. Marco metodológico	36
Capítulo 2. Metodología.....	41
2.1. Primera etapa. Diagnostico	42
2.1.1. Caracterización del sitio	42
2.2. Detección de problemática.....	48
2.3. Segunda etapa. Diseño y planificación de la intervención	48
2.4. Tercera etapa. Diseño Conceptual de la tecnología alternativa	49
2.4.1. Identificación de tecnologías alternativas	49
2.4.2. Parámetros de diseño	52
2.4.3. Cálculos de diseño del Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA)	56
2.4.4. Cálculos de diseño del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)	57
2.4.5. Cálculos de diseño del Reactor hibrido unifamiliar	58
2.5. Cuarta etapa. Difusión de la tecnología diseñada	60
2.5.1. Transferencia de la tecnología- Difusión de la tecnología.....	61
2.6. Quinta etapa. Evaluación del proceso del proyecto	63
2.6.1. Evaluación de la tecnología	63
2.6.2. Evaluación del proceso de proyecto con indicadores de economía solidaria.	64
CAPITULO 3. RESULTADOS.....	65
3.1. Primera etapa. Diagnostico	65
3.1.1. Caracterización del sitio de proyecto	65
3.2. Segunda etapa. Diseño y Planificación de la intervención	90
3.3. Tercera etapa. Diseño Conceptual de la tecnología alternativa	92
3.3.1. Selección de la tecnología apropiada.....	92
3.3.2. Calculo de parámetros de diseño	104
3.3.3. Dimensionamiento del Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA)	106
3.3.4. Dimensionamiento del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA).....	107
3.3.5. Dimensionamiento del Reactor hibrido unifamiliar (RHU).....	108
3.5. Quinta etapa. Evaluación.	118
3.5.1. Evaluación de la tecnología	118
3.5.2. Evaluación del proceso de proyecto	130
CONCLUSIONES.....	134
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	137
ANEXOS	150

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen del contexto socioeconómico de SSEO.....	14
Tabla 2. Contaminantes químicos y biológicos	17
Tabla 3. Contaminantes típicos de las aguas residuales.....	17
Tabla 4. Metodologías para el diseño de la metodología a implementar en el proyecto.....	36
Tabla 5. Análisis de metodologías participativas base.	37
Tabla 6. Parámetros de las aguas residuales establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996.	51
Tabla 7. Resumen de indicadores utilizados para la selección de la tecnología.	51
Tabla 8. Criterios iniciales para el dimensionamiento de tecnología para el saneamiento de las aguas residuales.	53
Tabla 9. Gastos conforme al tipo de clima.....	54
Tabla 10. Consumos domésticos per cápita.	54
Tabla 11. Tipos de gastos de aguas residuales domesticas para dimensionamiento de la tecnología apropiada. .	55
Tabla 12. Aportación típica de contaminantes de aguas residuales domésticas.....	55
Tabla 13. Pasos a seguir en el diseño del RAFA.....	56
Tabla 14. Pasos a seguir en el diseño del RAFA.....	58
Tabla 15. Pasos a seguir en el diseño del Reactor Híbrido Unifamiliar.	58
Tabla 16. Herramientas y técnicas usadas en la difusión de una información.....	61
Tabla 17. Indicadores utilizados para evaluar la tecnología alternativa propuesta.	63
Tabla 18. Indicadores sociales para evaluar el proceso de proyecto.....	64
Tabla 19. Identificación y percepción de la problemática en SSEO.	70
Tabla 20. ¿Se llevan a cabo tequios en su comunidad?	75
Tabla 21. Indicar el tipo de aportación que realizaría en una obra de beneficio social.....	76
Tabla 22. ¿Por qué no realiza el saneamiento de sus aguas residuales generadas?.....	78
Tabla 23. ¿Cuál de las siguientes tecnologías para tratamiento de aguas residuales conoce que se pueda implementar en su vivienda?.....	79
Tabla 24. ¿Considera necesaria la construcción de infraestructura para resolver el saneamiento del agua en su comunidad?	80
Tabla 25. ¿Asistiría a algún curso y/o taller para capacitarse en la construcción de tecnologías para el saneamiento del agua?.....	80
Tabla 26. Percepción del uso del agua y problemática del saneamiento del agua.	81
Tabla 27. Percepción de las autoridades municipales “Comité de ecología”	82
Tabla 28. Sensibilización en el uso y manejo racional del agua en la comunidad de SSEO.	83
Tabla 29. Implementación de tecnologías en la comunidad de SSEO.	85
Tabla 30. Resumen de resultados del diagnóstico en la comunidad de SSEO.	88
Tabla 31. Planeación de estrategias de intervención en la comunidad de SSEO.....	90
Tabla 32. Tecnologías alternativas para el sistema de saneamiento de aguas residuales.....	94
Tabla 33. Ventajas y desventajas de las tecnologías alternativas para el saneamiento del agua	97
Tabla 34. Eficiencias de remoción de contaminantes de las tecnologías alternativas para el saneamiento del agua.	101
Tabla 35. Proceso de preselección de la tecnología apropiada para implementarse en el proyecto.	102
Tabla 36. Resumen de los gastos de caudales de aguas residuales.....	105
Tabla 37. Concentración teórica de contaminantes de las aguas residuales en una vivienda de SSEO.	105
Tabla 38. Parámetros de diseño para RAFA.	106
Tabla 39. Resultados de dimensionamiento del RAFA.	106
Tabla 40. Datos para el diseño del FAFA.	107
Tabla 41. Resultados del dimensionamiento del FAFA.	108
Tabla 42. Resultados de dimensionamiento del Reactor Híbrido Unifamiliar.	109
Tabla 43. Resultados de encuesta SSEO con eje temático material didáctico.	117
Tabla 44. Calculo de conceptos del Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU).	124
Tabla 45. Resultados de evaluación del eje temático aceptación cultural.....	126
Tabla 46. Resultados de evaluación del eje temático participación social.	128
Tabla 47. Comparación de mantenimiento de Fosa séptica, biodigestor prefabricado y el Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU).	129
Tabla 48. Evaluación del proceso del proyecto.....	130

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la agencia de San Sebastián Etla, Oaxaca	11
Figura 2. Población de SSEO.....	12
Figuras 3 y 4. Vegetación presente en SSEO.	12
Figura 5. Rio Acahualera.	13
Figura 6. Rio Atoyac, SSEO.....	13
Figuras 7 y 8. Canal de riego usado como disposición final de las aguas residuales sin tratamiento generada por las viviendas de SSEO.	14
Figura 9. Normativa aplicable al saneamiento de las aguas residuales.	20
Figura 10. Clasificación esquemática de los procesos y tecnologías para el tratamiento las aguas residuales.	21
Figura 11. Esquema del flujo de energía contenida en el sustrato en función del tipo de tratamiento aplicado (caso de sustrato fácilmente biodegradable).	22
Figura 12. Dibujo esquemático de un reactor anaerobio de flujo ascendente	23
Figura 13. Dibujo esquemático de un reactor anaerobio de flujo ascendente	24
Figura 14. El agua en la sostenibilidad ambiental.....	25
Figura 15. Capitalismo y sostenibilidad	26
Figura 16. Sostenibilidad y economía social-solidaria (ECOSOL).	27
Figura 17. Características de las tecnologías alternativas	29
Figura 18. Proceso metodológico de transferencia de tecnología	31
Figura 19. Marco teórico del proyecto.....	35
Figura 20. Metodología general adaptada a partir de metodologías participativas.	38
Figura 21. Metodología empleada para el diseño de estrategias de intervención en la comunidad de SSEO.....	39
Figura 22. Metodología diseño conceptual de la tecnología apropiada.....	40
Figura 23. Esquema metodológico general del proyecto. Elaboración propia a partir de los Objetivos Especificos del Proyecto.....	41
Figura 24. Mapa de aplicación de encuestas en la comunidad de SSEO (marcada con punteros amarillos).	44
Figura 25. Mapa de aplicación de entrevista EN1SSEO en la comunidad de SSEO (marcada con punteros amarillos).	46
Figura 26. Mapa de aplicación de entrevista EN2SSEO en la comunidad de SSEO (marcada con punteros amarillos).	46
Figura 27. Técnicas y herramientas para identificar el capital social en SSEO	48
Figura 28. Aspectos considerados en la organización de la información de las tecnologías alternativas.	50
Figura 29. Pasos para el proceso de difusión tecnológica	60
Figura 30. Mapa de entrega de trípticos en la comunidad de SSEO.....	63
Figura 31. Delimitación del sitio de proyecto.....	65
Figuras 32 y 33. Medio Natural de la zona centro de SSEO.	66
Figuras 34 y 35. Medio natural de zona aledaña al centro en SSEO.	66
Figuras 36 y 37. Degradación paisajística en SSEO.	67
Figuras 38 y 39. Calles sin pavimento en la colonia la Azucena	68
Figuras 40 y 41. Calles sin pavimento en la colonia la Azucena	68
Figura 42. Recorridos de campo equipo técnico IPN-CIIDIR y autoridades SSEO.....	70
Figuras 43, 44 y 45. Casa con problemática de saneamiento del agua.	71
Figuras 46, 47 y 48. Canal de riego con aguas residuales en la vivienda de la Familia Sosa Núñez.	73
Figura 49. Motivos de las personas en relación a la práctica del tequio.	75
Figura 50. Percepción de problemática ambiental en la comunidad.....	77
Figura 51. Percepción de los problemas ambientales en SSEO.....	77
Figura 52. Priorización de necesidades en la comunidad	78
Figura 53. Campo deportivo de la comunidad, lugar donde se fomenta la cohesión social de los habitantes de SSEO.	86
Figura 54. Clima y temperatura presente en la zona de proyecto.	104
Figura 55. Elaboración del esquema del Reactor Hibrido Unifamiliar (RHU).	110
Figura 56. Reactor Hibrido Unifamiliar como tecnología apropiada.....	112
Figura 57. Cara posterior del tríptico.....	113
Figura 58. Cara interior del tríptico.....	114
Figura 59. Diseño del cartel.	115
Figuras 60, 61, 62 y 63. Entrega de trípticos a la comunidad.....	116
Figuras 64 y 65. Colocación del cartel en SSEO.....	116

Figura 66. Remoción teórica de DBO de RAFA y FAFA.....	118
Figura 67. Remoción teórica de DBO en el Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU)	119
Figura 68. Remoción teórica de DQO de RAFA y FAFA.	120
Figura 69. Remoción teórica de DBO en el Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU)	121
Figura 70. Comparación de remoción de DBO de fosa séptica, biodigestor prefabricado y el Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU).	122
Figura 71. Comparación de remoción de DBO de fosa séptica, biodigestor prefabricado y el Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU).	123
Figura 72. Comparación de costos de fosa séptica, biodigestor prefabricado y el Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU).	125

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradezco a dios por haberme dado la oportunidad de culminar mis estudios de maestría en este centro de investigación, así como permitirme vivir nuevas experiencias durante este periodo.

Les agradezco a mis padres Inés Jiménez González y Lionel Martínez Pacheco, sabiendo que no existirá una forma de agradecer una vida de sacrificio y esfuerzo, quiero que sientan que el objetivo logrado también es de ustedes y que la fuerza que me ayudo a conseguirlo fue su apoyo. A mis hermanos Jesús Emmanuel y Edivaldo quienes me han acompañado en cada etapa de mi vida, en buenos y malos momentos así como por los grandes lotes de felicidad y de diversas emociones que me han causado.

Quiero agradecerle a mi hijo Cesar Abdiel por haber nacido y que ahora se ha convertido en mi razón de vida y que al ver su rostro veo el reflejo de mi perseverancia constante para la búsqueda de una mejor vida, porque esta etapa se la dedico a él especialmente así como todo los esfuerzos que hare día a día para salir adelante.

A mi mejor amigo Rubén Vásquez Aragón que me ha acompañado en esta etapa de mi vida, un amigo incondicional con el que sé que siempre podré contar, a mi amigo Diego Escamilla García a quien admiro y respeto por su visión y más por su apoyo incondicional.

A mis directores de tesis el Dr. Carlos Espinoza Nájera y el M.A. José Luis Caballero Montes por su gran esfuerzo y sobre todo la dedicación para que esta tesis pudiera culminarse, pero sobre todas las cosas agradezco su amistad no solo los admiro por su trabajo y experiencia sino por el tipo de personas que son.

Al maestro Margarito y la familia Ortiz Hernández quienes siempre estuvieron en las etapas difíciles, gracias por el apoyo y sobre todo el poder acompañarme en esta nueva etapa de mi vida.

Le agradezco al CONACYT por haberme otorgado una beca para realizar mis estudios, asimismo al Centro Interdisciplinario de Investigación Regional Unidad Oaxaca por haberme abierto las puertas para realizar mis estudios en una maestría en donde se ve reflejado el esfuerzo de los investigadores para la búsqueda de soluciones aplicables en las comunidades.

A mi comité tutorial por el acompañamiento en esta etapa, la Dra. Lidia, M.A. Laura, Dr. Rafael, M.C. Araceli, así como a mis profesores la M.E. Margarita, Dr. Alfonso, Dr. Pedro, M.E. Paul, Dra. María Eufemia por el aporte de sus conocimientos en las diferentes áreas de estudio de quienes aprendí y a quienes admiro y respeto.

INTRODUCCIÓN

Ante los inminentes cambios ocasionados al medio ambiente por las actividades antrópicas, se ha establecido una nueva época actual denominada “antropoceno”¹ definida por Fernández (2011) como crisis ecológica, producto de las acciones humanas, en la que se ha afectado de manera adversa y descontrolada a los recursos naturales, tal es el caso del factor hídrico cuyo uso se realiza de forma irracional con mínimo reúso, lo anterior debido a dos factores, por una parte la falta de infraestructura para su correcta disposición final, y por la otra por una fuerte vinculación en el uso e implementación de tecnologías convencionales usadas para el saneamiento de las aguas residuales (De Anda, 2017).

Si bien la instalación de sistemas eficientes para el saneamiento de las aguas contaminadas por métodos convencionales ha generado inversiones sustanciales de capital, lo cual se traduce en una pérdida económica debido a altos costos de construcción, operación y mantenimiento de estas infraestructuras que actualmente se han transformado en grandes “elefantes blancos”. Por otra parte la baja concientización de la población en el manejo del recurso hídrico, la falta de normatividad en materia de aguas residuales, así como el escaso conocimiento de tecnologías viables tecnológicamente y factibles económicamente da como resultado que en la actualidad que el tratamiento de las aguas residuales tanto domesticas como industriales sea mínimo (Arias, 2011; Díaz et al., 2010).

Estos factores han dado lugar a que el problema del saneamiento del agua sea cada vez mayor, debido a que su mal manejo transgrede en los impactos adversos de otros factores tales como; suelo, aire, flora, fauna, convirtiéndose en un foco de infección para la población, quienes tienen contacto directo o indirecto con las aguas contaminadas, lo que puede convertirse en un problema de salud pública, si no son gestionados adecuadamente (Franco, 2016).

¹Antropoceno. Época actual caracterizada por grandes procesos de transformación de la biósfera al grado que se habla de un cambio global. Conjunto de alteraciones en la constitución y funcionamiento de los ecosistemas.

En la comunidad de San Sebastián Etna, Oaxaca (SSEO), perteneciente al municipio de San Pablo Etna, Oaxaca, el escaso manejo del recurso hídrico ha fomentado una problemática en la población con impactos sociales, económicos y ambientales. En el ámbito social, se ha incrementado la presencia de enfermedades gastrointestinales producto por el contacto con el agua contaminada, tales como, cólera y hepatitis, las enfermedades más comunes en San Sebastián Etna han sido respiratorias, gastrointestinales, con brotes de hepatitis (Plan Municipal de Desarrollo de San Pablo Etna, Oaxaca (2010-2012)). Con respecto al aspecto ambiental se ha producido una pérdida de la resiliencia ocasionado por el gasto excesivo estimado de 2.59 l/s de aguas residuales sin tratamiento alguno, cabe señalar que conforme al Plan Municipal de Desarrollo del municipio de San Pablo Etna, Oaxaca (2010-2012) establece que únicamente el 10 % de la población en San Sebastián Etna cuenta con acceso al saneamiento del agua. Y en el aspecto económico por un aumento en los gastos que tienen que solventar los pobladores para construir fosas sépticas para tratar de solventar la falta del servicio de drenaje.

El proyecto se llevó a cabo enfoque sostenible y social-solidario (Morato y Peñuela, 2010 y Argirakis y Ríos, 2016) en la localidad de San Sebastián Etna, Oaxaca, población que presenta un déficit de saneamiento de las aguas residuales generadas. Cabe señalar que el diagnóstico realizado en la población fue de tipo participativo a través del diseño y aplicación de dos técnicas (pláticas informales y recorridos de campo) y dos instrumentos (entrevistas y cuestionario) con la finalidad de obtener información del medio natural y artificial de la comunidad. Se planearon y diseñaron estrategias de intervención para acercarse a la comunidad. Se realizó el diseño conceptual de una tecnología alternativa como propuesta para abordar la falta de saneamiento de las aguas contaminadas en la comunidad. Se eligieron técnicas para difundir y hacer de conocimiento general la tecnología diseñada. Por último se realizó una evaluación del proceso de proyecto a través de indicadores sociales, económicos y ambientales. Cabe destacar que en el aspecto social fue relevante la aplicación del enfoque social solidario a partir, por lo que se realizó una

evaluación de indicadores de capital social en el proceso de proyecto destacando la cooperación, la participación social y la confianza demostrada por los pobladores. La tesis se estructuró en tres capítulos, en el capítulo 1 se presenta el marco teórico y el marco metodológico, en el primero se presentan los conceptos fundamentales de sustento al trabajo realizado. En el capítulo 2 en el segundo se señala la metodología empleada, la cual consta de 6 etapas para el desarrollo del proyecto (1. Diagnóstico de la comunidad, 2. Identificación de la problemática, 3. Diseño y planificación de estrategias de intervención, 4. Diseño de la tecnología alternativa, 5. Difusión de la tecnología, 6.- Evaluación del proyecto a partir de indicadores sociales) y en el capítulo 3 se presentan los resultados del proyecto así como la discusión de los mismos y en el capítulo cinco se establece la evaluación general del proceso del proyecto, finalizando esta tesis con las conclusiones destacando que la tecnología apropiada propuesta en esta tesis (RHU) se encuentra adaptada para ser construida en comunidades en donde por sus características espaciales y recursos económicos limitados resulta compleja la construcción de un sistema convencional de tratamiento de aguas residuales, a su vez esta alternativa demuestra en términos generales una buena eficiencia teórica en remoción de parámetros básicos para cumplimiento con la normatividad en materia de agua para descarga en suelos y uso de riego agrícola.

Por otra parte el diagnóstico participativo es una herramienta que nos permitió identificar valores solidarios presentes en la comunidad de San Sebastián Etla, Oaxaca, México, tales como la confianza, la participación y la cooperación, a su vez con esta herramienta metodológica se logró percibir mejor la realidad de la población, contextualizarla, planear y programar diferentes acciones acorde a necesidades señaladas por los pobladores, en donde se identificó una problemática de la falta de saneamiento de las aguas residuales domésticas. Es por lo anterior que este instrumento resulta fundamental para lograr inducir a una participación efectiva y mejorar un involucramiento social en el desarrollo de proyectos, por lo que debe considerarse como un punto de partida por los gestores de proyectos en la identificación de soluciones apegadas a la realidad del contexto del sitio.

ANTECEDENTES

Proyectos de saneamiento del agua con un enfoque social y solidario.

A nivel Mundial la gestión integral del recurso hídrico con enfoque social-solidario ha mostrado éxito en países en vías de desarrollo, los cuales lo han considerado como un aspecto fundamental en relación al eje social de la sostenibilidad. Si bien América Latina ha mostrado una gran aceptación por este enfoque, el cual se ha manifestado en esta zona a través de una acción predominante denominada “Vivir bien” o “Buen vivir” casos de Bolivia, México y Colombia (Savedra y Castillo, 2014; Hernández y Herrerías, 2004) con su implementación se han logrado mejoras en relación con el uso racional del agua, así como una percepción diferente su importancia así como una protección y conservación de las fuentes de agua.

Otro aspecto que señalar a partir de la implementación de este enfoque, es el logro de apropiación de tecnologías alternativas que se han construido en estos países tales como México (1980-1993) en donde se lograron construir presas ecológicas y tecnologías alternativas tales como biofiltros para el saneamiento de sus aguas residuales a través de la participación social logrando una apropiación de las mismas posterior a 13 años (Hernández y Herrerías, 2004).

Por otra parte en el estado de Oaxaca se presentó en el año 2007, acciones de la economía social y solidaria para generar alternativas para la conservación y uso eficiente del agua en lugares campesinos, logrando incidir en la cultura del agua y en sus saneamiento (INAES², 2007).

Transferencia de tecnologías alternativas.

La transferencia de tecnologías se ha manifestado para efectuar un cambio de pensamiento en relación a las tecnologías actuales con la finalidad de transferir conocimientos técnicos a la comunidad. Es por lo anterior que en los países desarrollados como en vías de desarrollo este proceso es de gran relevancia al

² INAES. Instituto Nacional de Economía Social

implementar una tecnología ante una problemática existente. Una experiencia en relación a este aspecto es el presentado en Brasil en donde durante un periodo de 8 años se efectuó una transferencia de una tecnología para la obtención de aceites esenciales, el prototipo fue realizado con materiales de la región y mostrado a la comunidad a través de acciones participativas tales como cursos y talleres en la zona de Trans-kutuku logrando una aceptación tecnológica posterior a los 8 años desde que inició el proyecto (Radisse, 2008).

En México se ha denotado la importancia de la transferencia de tecnología de 32 instituciones del total en el país, por lo que el Instituto Politécnico Nacional (IPN), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), la Universidad del Mar (UMAR) entre otras universidades han abordado la transferencia de la tecnología a través de Oficinas de Transferencia de Tecnologías (OTT). Estas oficinas creadas con la finalidad de facilitar el proceso de apoyo para dar a conocer tecnologías, así mismo el 70% de las escuelas cuentan con una adscripción a alguna Unidad de Vinculación y Transferencia del Conocimiento (UVTC) (Pedraza y Velásquez, 2013).

En México, un estudio de caso de la transferencia de una tecnología, se presentó en el municipio de Nanacamilpa, Tlaxcala, México, en donde se implementó una tecnología para generar un nuevo tipo de trigo. El periodo de aceptación de este proceso correspondió desde el año 2006 al año 2008, en cuya metodología destaca una difusión tecnológica con comunicación informal a través de folletos y revistas técnicas con información de la tecnología, culminando en asesoría técnica individual en cada vivienda para lograr una buena apropiación tecnológica (Sangerman et al., 2009).

En Oaxaca una experiencia corresponde a la comunidad de Santo Domingo, Tepuxtepec, en donde se realizó una transferencia tecnológica enfocada a la ganadería para realizar una mejora de sus actividades en este sector. La transferencia en esta comunidad se realizó en una metodología de 6 fases:

organización, educación, asistencia, infraestructura, financiamiento y comercialización, con la cual se construyeron corrales y se mejoró la producción ganadera del sitio (Antonio, 2006).

Tecnología anaerobia para el saneamiento del agua.

La tecnología anaerobia ha sido ampliamente construida y evaluada en América Latina, cabe mencionar que los países en vías de desarrollo lo han adoptado como sistema eficiente para tratamiento de sus aguas residuales generadas (Crombet et al., 2016; Mancebo del C. et al., 2000 y Lahera, 2010). Una experiencia local actual con este tipo de tecnología es el construido por la Universidad de Oriente de Santiago de Cuba para dar tratamiento al efluente de agua contaminada generada por la institución. Los resultados obtenidos a partir de la construcción y operación del mismo demostraron que este tipo de reactores alcanza una eficiencia de remoción de materia orgánica en aguas domésticas generadas en un porcentaje mayor al 70%, siendo efectivos para la eliminación principalmente de materia orgánica en el agua contaminada (Crombet et al., 2016).

En México la Universidad Autónoma de México (UNAM) construyó un sistema conformado por un tratamiento primario (rejillas), una mampara de separación de grasas y aceites, un tratamiento secundario que incluye fosa séptica, un registro de distribución y un biorreactor anaerobio (flujo ascendente) así como un cárcamo de agua tratada y la disposición de ésta a grieta. El resultado del estudio demostró que el tratamiento in situ, mostró ser una alternativa para el tratamiento de aguas residuales generadas por esta institución mostrando ventajas significativas de esta tecnología en cuanto a operación, mantenimiento e insumos, al mismo tiempo que se abatió el costo en construcción de líneas de drenaje (Mancebo del C. et al., 2000)

Otra experiencia fue en Metepec del Estado de México en el año 2006, se reporta la construcción de un sistema anaerobio como tecnología alternativa para sanear sus aguas residuales y poder reutilizarlas en riego de cultivos o descargarlas al subsuelo. El sistema fue diseñado y construido para un caudal de 100 l/s,

conformado por un reactor anaerobio de alta remoción y un humedal artificial. Los resultados obtenidos mostraron que este sistema proporciona un tratamiento de muy alta calidad y eficiencia costo-beneficio al agua residual, sin producir lodos ni otros subproductos tóxicos (Lahera, 2010).

Reactores híbridos en el tratamiento del agua.

En relación a los reactores híbridos la literatura señala información que solo involucra diseños teóricos, hasta la fecha no se presentan resultados de implementación o evaluación de diversos parámetros de este tipo de tecnología aplicada para el saneamiento del agua en alguna comunidad, así mismo no se reporta algún diseño teórico o conceptual de esta tecnología para vivienda unifamiliar como propuesta de solución de tratamiento de aguas residuales.

Pérez y Villegas (2004) del Instituto Politécnico Nacional realizaron un diseño teórico de un prototipo de reactor con las siguientes características: altura total de 5.18 m, una altura del RAFA de 3.46 m y una altura del empaque de 1.31 m, estas alturas para un tiempo de retención de diseño de 2 horas. El diseño se realizó para un gasto de 25 l.p.s., es de tipo rectangular, el área superficial de la sección 1 es de 299.29 m² con dimensiones de 17.30 m x 17.30 m, y el área superficial de la sección 2 es de 441 m², con dimensiones de cada lado de 21 m x 21 m. El trabajo de investigación no presenta estudios de eficiencia relacionados con este prototipo.

En Madrid, España, se propuso un reactor híbrido de 4 m de altura para proporcionar únicamente saneamiento a las aguas residuales del tipo industrial, el resultado de los estudios en la prueba piloto corresponde únicamente a la actividad metanogénica del fango en este reactor, no se señala el gasto ni las dimensiones del reactor (Guardia, 2012). Por su parte Rodríguez et al., (s/f) describe el diseño de un reactor para sanear las aguas residuales de tipo industrial, el reactor contó con una altura total de 1.4 m de altura con un volumen de 1.4 litros, en cuyos resultados se establece únicamente la eficiencia de remoción de DQO en este tipo de reactor.

JUSTIFICACION

Actualmente uno de los factores predominantes relacionados con el saneamiento del agua son los elevados costos de las tecnologías convencionales, de acuerdo con la UNESCO³ (2014) más del 80% de las aguas residuales⁴ en los países en vías de desarrollo no recibió ningún tratamiento, 40 % debido a elevados costos de construcción, operación y mantenimiento de las tecnologías usadas actualmente.

En México, la CONAGUA⁵ (2014), indica que existe un total de 452 plantas de tratamiento sin operación en el país, por lo que únicamente un 52.8% de aguas contaminadas recibe tratamiento de las 211.0 m³/s recolectadas en este año.

En el estado de Oaxaca en el año 2014 se recolectaron 2.13 m³/s de aguas residuales y se proporcionó saneamiento a 0.99 m³/s (46.7%), es decir; menos de la mitad de las aguas residuales recolectadas recibió tratamiento, siendo descargadas a cuerpos de agua limpia.

Por su parte Díaz et al., (2012) y Ramsar (2006) señalan que las experiencias en el tratamiento de aguas residuales con las tecnologías no convencionales han mostrado que el éxito de la remoción no se debe exclusivamente a la disponibilidad de las técnicas, sino a la consideración de aspectos sociales, tales como la participación social y la cooperación, así como la búsqueda de soluciones económicamente viables para ser construidas con el fin de lograr incidir en la problemática del saneamiento del agua.

Este problema del saneamiento del agua es evidente en la localidad de San Sebastián ETLA, perteneciente al municipio de San Pablo ETLA, ubicada en la región de los Valles Centrales, en el Estado de Oaxaca, México. Esta comunidad

³ UNESCO. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, tiene 195 Miembros y 10 Miembros Asociados. Sus órganos de gobierno son la Conferencia General y el Consejo Ejecutivo.

⁴ Aguas residuales. De acuerdo a la CONAGUA(2015), son aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas

⁵ CONAGUA. *Comisión Nacional del Agua, administra y preserva las aguas nacionales, con la participación de la sociedad, para lograr el uso sustentable del recurso*

actualmente cuenta con 543 viviendas y una población de 1,984 habitantes y el 100% de las viviendas no cuenta con un sistema de saneamiento de aguas residuales generadas debido a los altos costos de las tecnologías convencionales y su baja eficiencia, aunado a la baja disponibilidad de terreno para la construcción de sistemas que pueden ser empleados para proporcionar saneamiento a las viviendas. En el Plan Municipal de Desarrollo 2010-2012 del Municipio San Pablo Etlá describe que esta situación ha provocado “la contaminación del agua se manifiesta en diversas partes del río El Molino, y en el río Atoyac propiedad de San Sebastián...”.

Ante esta problemática las autoridades de la Agencia de San Sebastián Etlá, Oaxaca han optado por permitir el abastecimiento de agua potable únicamente dos días a la semana con el objetivo de fomentar el ahorro del agua por parte de los pobladores. Esta acción ha sido realizada por las autoridades con la finalidad de evitar altos caudales de agua residual la cual no recibe tratamiento y desemboca en canales de riego que atraviesan la comunidad, lo cuales fueron construidos a inicios del asentamiento urbano y que ahora se han convertido en canales de efluente de agua contaminada en toda la comunidad con disposición final en el río Atoyac.

OBJETIVO GENERAL

Proponer el uso de una tecnología apropiada para contribuir al saneamiento de las aguas residuales unifamiliares en la comunidad de San Sebastián Etlá, Oaxaca.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diagnosticar a la comunidad de San Sebastián Etlá, haciendo énfasis en el capital social y el uso actual de tecnologías alternativas para el saneamiento de las aguas residuales generadas por la población.
- Planear estrategias de intervención de solución para abordar el problema de saneamiento de agua mediante una tecnología apropiada en la comunidad.
- Generar el diseño conceptual de una tecnología apropiada para el saneamiento de las aguas residuales en la localidad.
- Difundir la información de la tecnología desarrollada mediante técnicas de difusión como inicio del proceso de transferencia tecnológica en la población.
- Realizar una evaluación del proceso de proyecto de saneamiento de las aguas residuales en SSEO mediante indicadores sociales, económicos y ambientales.

Marco contextual de la localidad de San Sebastián Etna, Oaxaca (SSEO)

Localización

La población de San Sebastián Etna perteneciente al municipio de San Pablo Etna, se localiza en las coordenadas 96° 47' longitud oeste y 17° 09' latitud norte a una altura de 1,622 metros sobre el nivel del mar, limita al norte con la localidad de la Villa de Etna, al sur con la comunidad de Santiago Etna y al este con Guadalupe Etna (INEGI, 2015). Para llegar a esta agencia desde el municipio de Oaxaca de Juárez se debe tomar la carretera internacional hacia San Pablo en Hacienda Blanca. El tiempo estimado para llegar a esta población es de 30 min (1/2 hora aproximadamente) desde la capital (figura1).



Figura 1. Localización de la agencia de San Sebastián Etna, Oaxaca.

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth.

Población.

De acuerdo con el INEGI (2015), la localidad cuenta con una población de 1,984 habitantes, 936 hombres y 1,048 mujeres. Cabe destacar que el 45,72% de la población mayor de 12 años está ocupada laboralmente (el 57,91% de los hombres y el 34,83% de las mujeres) (figura 2).

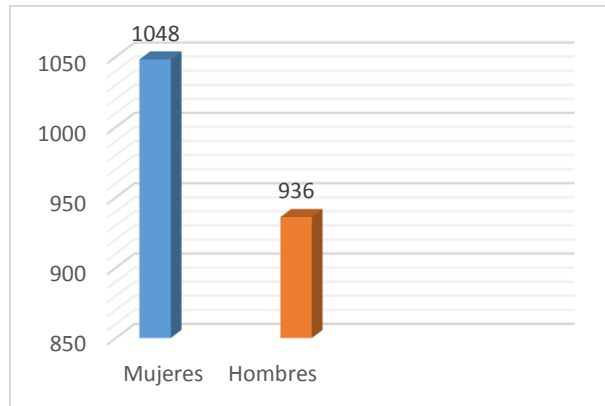


Figura 2. Población de SSEO.
Fuente: INEGI (2015).

Contexto medioambiental



Dentro de los factores bióticos existentes en la comunidad de SSEO se presenta vegetación forestal de tipo encino así como vegetación arbustiva propias del clima (figuras 3 y 4), las especie con los valores más altos de importancia es *Q. magnolifolia*, la *Q. glaucoides* y *Quercus* (Padilla, 2007).



Figuras 3 y 4. Vegetación presente en SSEO.

Fuente: Propia tomada el 18-01-2017.

Por otra parte la fauna presente en esta localidad fauna está conformada por mamíferos (venados, conejos serranos o monteses, zorros, zorrillos, colas pinta, coyotes, tlacuaches, comadrejas, armadillos, ardillas grises, mapaches, tejones, maquinillas, topos, huitlacoques). Aves (gavilanes, águilas, zopilotes, cenizotes, golondrinas, pájaros carpinteros, colibríes, gallinas de monte, garzas, patos silvestres,

halcones, cuervos, búhos, codornices, chachalacas, palomas, garzas). Reptiles (víboras, iguanas, lagartijas, escorpiones).



Figura 5. Rio Acahualera.
Fuente: Propia tomada el 18-01-2017.



Figura 6. Rio Atoyac, SSEO.
Fuente: Propia tomada el 18-01-2017.

Hidrología

SSEO forma parte de la región hidrológica Río Atoyac (RH-20). Los ríos que destacan en esta población son el Río Molino, Río Oscuro y Río Bejuco (INEGI, 2015). En la ladera norte de la misma peña existe otra zona importante de manantiales en los que nacen el Río de la Acahualera, El Terrero y el Río de La Cebada, a los 2,950 msnm. Dichos ríos cruzan el municipio hacia el norte atravesando al municipio de San Agustín Etlá (figura 5), por su caudal son de importancia para el municipio de San Agustín y la Ciudad de Oaxaca. Estos desembocan directamente al Río Atoyac (figura 6) (Padilla, 2007).

Contexto sociocultural

En relación al contexto sociocultural es importante mencionar que el 25 de enero se celebra la fiesta de San Pablo Apóstol, con calendas, procesiones y música. También se celebra la semana santa, la navidad, el año nuevo y las fiestas de muertos o todos santos (INEGI, 2015).

En cuanto a su organización política se encuentra formada por un agente municipal, así como comités, tal es el caso del comité de ecología formado por 4 integrantes voluntarios quienes se encuentran encargados de atender la problemática relacionada con el medio ambiente en la agencia de San Sebastián ETLA, así como el comité de salud, el comité de agua, Comité del sistema de agua potable Comité de vigilancia de alumbrado publico

Contexto socioeconómico

El contexto socioeconómico de la comunidad de SSEO se resume en la tabla 1, en la que señalan las principales características en relación a la infraestructura, actividades económicas y la problemática del saneamiento del agua (figura 7 y 8).



Figuras 7 y 8. Canal de riego usado como disposición final de las aguas residuales sin tratamiento generada por las viviendas de SSEO.

Fuente: Propia tomada el 22-03-2018

Tabla 1. Resumen del contexto socioeconómico de SSEO.

Factor		Descripción
Datos Demográficos	Vivienda	Con piso de tierra El 4.98 % del total de viviendas en la comunidad se encuentran aun con piso de tierra.
		Sin drenaje El 2.77 % del total de viviendas en la comunidad se encuentran sin acceso a drenaje.
		Sin sanitario El 0.74 del total de viviendas no cuentan con un sanitario

	Índice de marginación	de	El índice de marginación en la comunidad es de -1.32888 el cual presenta muy baja magnitud.
	Grado de marginación	de	La comunidad presenta un grado de marginación muy bajo
	Grado de rezago social		El grado de rezago social es muy bajo presentando un índice de rezago social de -1.37903.
Infraestructura	Vías de comunicación	de	El 70% de las calles de la población cuentan con pavimento, únicamente el 30% se encuentra a nivel de terracería.
	Educación		Existen 2 escuelas de servicio básico, un kínder con nombre "María Dolores Rodríguez" con 115 alumnos y la escuela primaria "Benito Juárez", en el año 2010 contaba con una población de alumnos de 316.
	Salud		Cuenta con una casa de salud afiliada al IMSS, en el centro de la población a un costado de la iglesia.
	Servicios básicos		543 viviendas, 98,71% con electricidad, 85,08% con agua entubada, 99,26% con sanitario, 97.23% con drenaje.
Actividades económicas	Agricultura		50% de la tierra es propiedad privada y el 50% ejido, solamente el 30% se dedica a la agricultura: frijol, maíz, garbanzo, calabaza, tomate, alfalfa, chícharo, miltomate.
	Ganadería		Bovinos, caprinos, equinos y ganado de solar.

Fuente: INEGI (2015) y Plan Municipal de San Pablo Etla, Oaxaca (2010-2012).

CAPITULO 1. MARCO TEORICO

1.1. Marco Conceptual

1.1.1. Aguas residuales.

Las aguas residuales son definidas como aguas de composición variada, provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarios, domésticos y en general de cualquier otro uso (Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales).

Por su parte Díaz et al., 2012 definen que las aguas residuales son producto de la acción y efecto en la que el hombre introduce materias contaminantes, formas de energía o nuevas condiciones al agua de modo directo o indirecto; implica alteraciones perjudiciales de su calidad con relación a los usos posteriores o con su función ecológica.

Si bien se ha denotado la definición de las aguas residuales es importante señalar que su clasificación está basada en la fuente de contaminación en la que se señalan cuatro tipos; aguas domesticas o urbanas, aguas residuales industriales, escorrentías de uso agrícola, y aguas pluviales (Ramalho, 2003). Las aguas residuales domesticas o urbanas son aquellas provenientes de las actividades propias del hogar, así como de las actividades de una localidad o de la población en general. Las aguas industriales resultan como producto del uso de este factor en procesos o procedimientos industriales, las aguas agrícolas son aquellas que son generadas por el uso para riego agrícola, y en el caso de las aguas pluviales son aquellas que provienen de la precipitación en el ciclo natural del agua.

Sin embargo, cada una de estas aguas residuales presentan constituyentes de contaminantes de tipo físico, químico y biológicos (Raffo y Ruiz, 2014). Los contaminantes que presentan las aguas residuales están en función de la calidad o las características del agua. En la tabla 2 se señalan los contaminantes químicos y biológicos presentes en las aguas residuales.

Tabla 2. Contaminantes químicos y biológicos

Contaminante	Clasificación	Descripción
Químicos	Químicos corrientes	Metales tóxicos, como el hierro, manganeso, plomo, mercurio, arsénico, cadmio, cobre, entre otros.
		Compuestos nitrogenados, como amoníaco, nitrato y nitrito, carbonato o bicarbonato de calcio y magnesio.
		Aniones, como fluoruro, sulfato y silicatos.
	Sustancias orgánicas.	
	Carácter antropogénica	Cianuros y fenoles.
Biológicos	Bacteria	Salmonella typhi, leptospira, escherichia coli, yersinia, vibrio cholerae, Shigella.
	Virus	Adenovirus, rotavirus.
	Hongos	Aspergillus fumigatus, candida albanicans.
	Helmintos	Ascaris lumbricoides, fasciola hepatica, Taenia saginata, trichuris trichura.

Fuente: Raffo y Ruiz (2014).

Para caracterizar el agua residual es necesario de hacer el uso de la determinación de la carga de contaminantes en ella. Una de las cargas contaminantes más utilizada es la demanda bioquímica de oxígeno para medir la concentración de materia orgánica.

En cuanto a los parámetros utilizados para caracterizar a las aguas residuales se requiere de revisar la normativa de cada país, en el caso de México quien establece el valor de estas variables de contaminantes posterior a un tratamiento son las Normas Oficiales Mexicanas en materia de aguas residuales. En la tabla 3 se presentan los contaminantes típicos de calidad del agua residual.

Tabla 3. Contaminantes típicos de las aguas residuales

Parámetro	Definición	Autor
DBO ₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	Estimación de la cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua en un periodo de 5 días.	Raffo y Ruiz, 2014
DQO (Demanda Química de Oxígeno)	Puede ser considerada como una medida aproximada de la demanda teórica de oxígeno.	Lorenzo y Obaya, 2005; Mayari et al., 2005
Nitrógeno	Es un nutriente requerido y estimulante del crecimiento bacteriano en el proceso anaerobio.	Metcalf y Eddy, 2003; Espinoza et al., 2013

Fosforo	El fósforo se encuentra entre unos de los contaminantes más importantes de las aguas residuales debido a su papel en la eutrofización.	Teixeira, 2013; Salgado et al., 2011
Temperatura	Este parámetro afecta la solubilidad de los gases disueltos en el agua. Las variaciones de temperatura del agua se producen debido a las variaciones de la temperatura ambiente originadas en el ciclo natural de las estaciones.	Fernández, 2012; Raffo y Ruiz, 2014
Conductividad	Se define como la capacidad que presenta el agua para conducir la electricidad.	Fernández, 2012; Bonilla et al., 2013
Turbidez	Proviene de la erosión y transporte de materia coloidal (arcilla, fragmentos de roca, sustancias del lecho, etc.).	Fernández, 2012
Sólidos suspendidos totales (SST)	Es la cantidad de sólidos que el agua conserva en suspensión después de 10 minutos de asentamiento.	MAPAS, 2016; Silva y Madera, 2008
Sólidos sedimentables	Son aquellos sólidos que sedimentan cuando el agua se deja en reposo durante 1 hora.	MAPAS, 2016; Crombet, 2013
Grasas y aceites	Son sustancias que al no mezclarse con el agua permanecen en su superficie dando lugar a natas. La cantidad de lípidos en aguas residuales municipales es del orden de 30 a 40% de la materia orgánica medida como demanda química de oxígeno	Cisterna et al., 2015
Contaminantes emergentes o prioritarios	Estas sustancias aparecen principalmente añadidas a productos de cuidado personal, de limpieza doméstica, farmacéuticos.	Rubio et al., 2013; Peña y Castillo, 2015
Agentes patógenos	Son microorganismos presentes en mayor o menor cantidad en las aguas residuales y que pueden producir o transmitir enfermedades (virus, bacterias, protozoos, hongos, etc.).	Olivas et al., 2011

Fuente: Elaboración propia a partir de autores señalados

1.1.2. Normatividad de las aguas residuales

En México el derecho al agua y su saneamiento se describe en el artículo 4° y 27° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, así como en la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y en el órgano supremo en materia hídrica la Ley de Aguas Nacionales, sus respectivos reglamentos y normas (figura 7).

En cuanto a aspectos normativos en materia de saneamiento en el país se han emitido Normas Oficiales Mexicanas (NOM) con carácter de cumplimiento obligatorio y Normas Mexicanas con recomendaciones de parámetros o procedimientos a seguir.

Por su parte, la Ley de Aguas Nacionales tiene por objetivo actuar como norma jurídica reglamentando al Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales; la cual es de observancia general en todo el territorio nacional y sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.

Si bien la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) tiene por objeto reglamentar las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y conforme a lo establecido en su artículo 1º fracción VI. Establece las bases para la prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo. Por su parte la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento inciden en la regulación directa del uso y saneamiento del agua,

Cabe resaltar que debido a la preocupación por el cumplimiento con el saneamiento de aguas residuales en México se han expedido normas oficiales mexicanas en relación a este rubro siendo la NOM-001- SEMARNAT-1996 “Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en descargas de aguas en cuerpos de agua o bienes nacionales” publicada en el diario oficial de la federación el 24 de diciembre de 1996.

La NOM-002- SEMARNAT-1996 “Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en descargas de aguas en alcantarillado público” publicada en el diario oficial de la federación el 03 de junio de 1998.

La NOM-003-SEMARNAT-1997 “Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al

público.” publicada en el diario oficial de la federación el 28 de septiembre de 1998, y la NOM-SEMARNAT-1994 “Protección ambiental.- Lodos y biosólidos.- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final” publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de agosto de 2003.

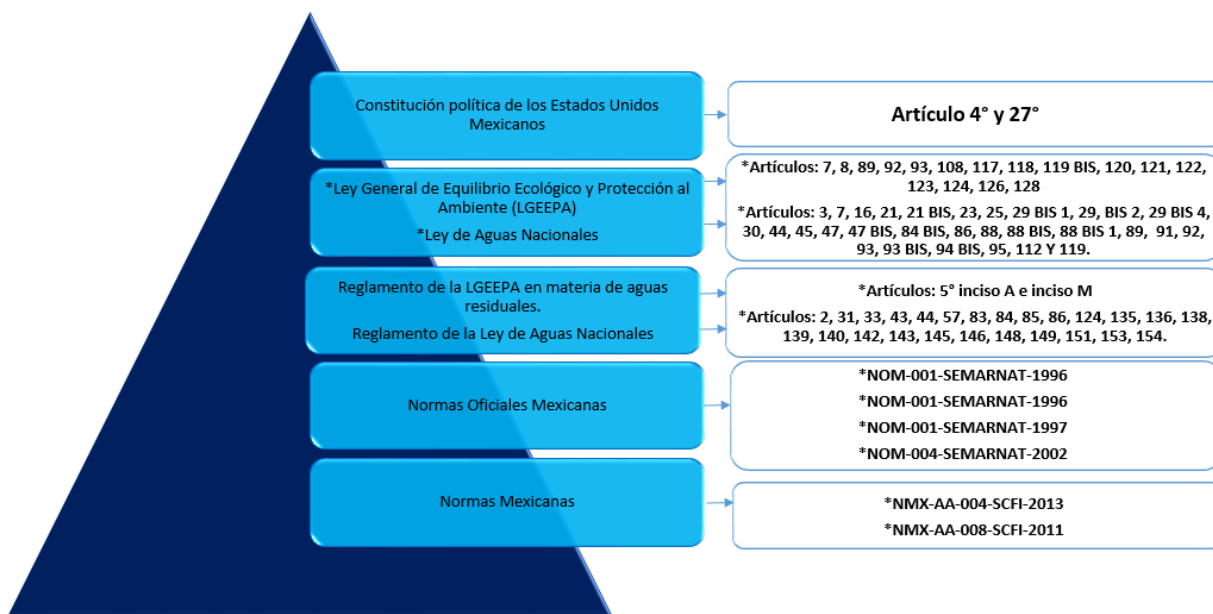


Figura 9. Normativa aplicable al saneamiento de las aguas residuales.

Fuente: Elaboración propia a partir de Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, LGEEPA, Ley de Aguas Nacionales, Reglamento de la LGEEPA, Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.

1.1.3. Saneamiento de las aguas residuales

De acuerdo con el Diccionario de Real Academia Española, sanear significa reparar o remediar algo, en este sentido el saneamiento de las aguas residuales corresponde a remediar el agua utilizada a través de la aplicación de diferentes procesos con la finalidad de disminuir la concentración de contaminantes orgánicos e inorgánicos presentes (Díaz et al., 2012). Lo anterior tiene el propósito de evitar que los contaminantes superen la capacidad de dilución y autodepuración de los cauces y medios receptores como disposición final.

Existen diferentes procesos para lograr el saneamiento del agua y eliminar contaminantes orgánicos, inorgánicos y biológicos, los cuales se clasifican principalmente en tres tipos, físicos, químicos y biológicos (Campos, et al., 2009).

Los físicos son aquellos que utilizan los procedimientos físicos para la eliminación de contaminantes, los químicos involucran la degradación o transformación del material orgánico por medio de microorganismos, y los biológicos que se basan en la acción de bacterias para degradar materia orgánica presente en las aguas servidas. En la figura 8 se presenta una clasificación esquemática de los procesos de tratamiento de las aguas residuales.

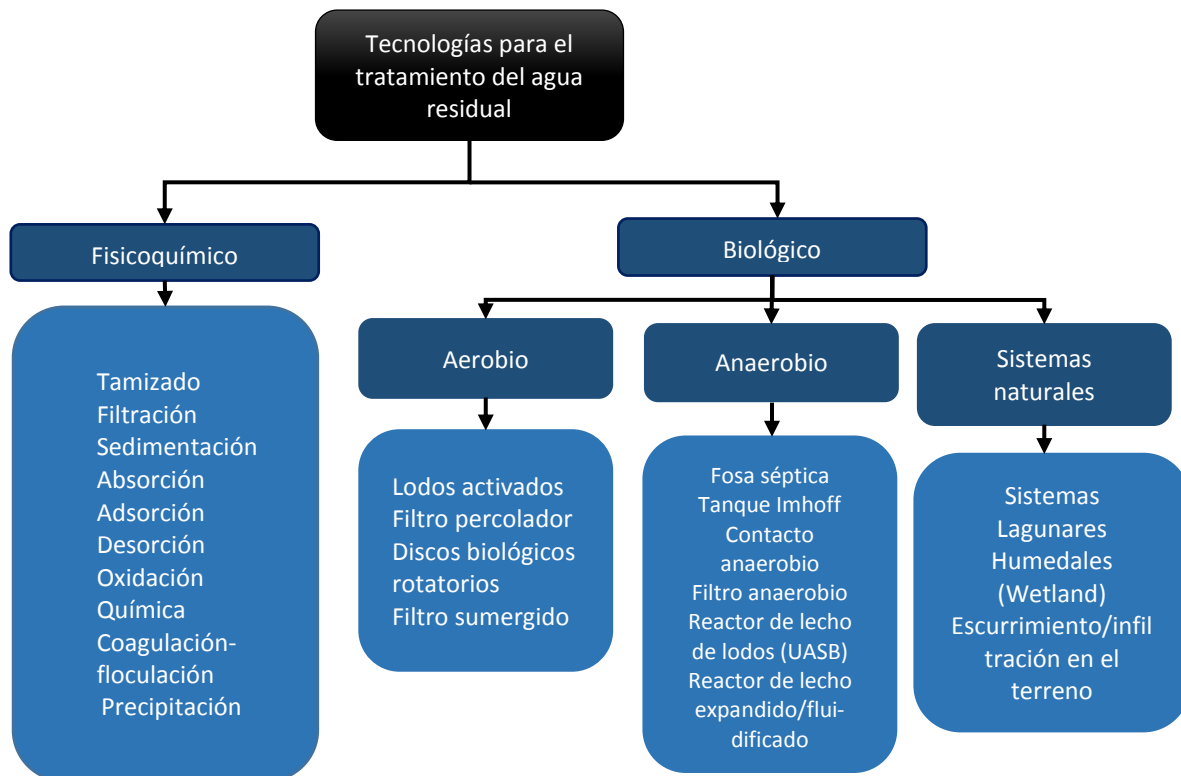


Figura 10. Clasificación esquemática de los procesos y tecnologías para el tratamiento las aguas residuales.

Fuente: Noyola et al (2013).

Uno de los procesos de tratamiento de aguas residuales más ampliamente utilizado es el proceso biológico, el cual es definido por Oller et al., (2011) citado en Rubio et al., (2013), como aquellos que emplean microorganismos (bacterias, hongos, protozoos y algas) para llevar a cabo la eliminación de aquellos componentes indeseables del agua, aprovechando su actividad metabólica, y obtener, así, un efluente final que pueda ser vertido al medio. Por otra parte estos procesos biológicos se dividen en biológicos aerobios y anaerobios, en el proceso aerobio un aproximado de 65% de la energía producida por el metabolismo microbiano se

transforma en nuevas células (lodos) mediante la síntesis. El 35% restante se disipa como resultado de la liberación de energía que acompaña a los procesos vitales de la célula (figura 9) (Noyola et al, 2013).

El proceso anaeróbico corresponde a una fermentación microbiana en ausencia de oxígeno que da lugar a una mezcla de gases (biogás, principalmente CO₂ y CH₄) y lodo, el producto principal de la digestión anaerobia es el biogás, mezcla gaseosa de metano (50 a 70 %) y dióxido de carbono (30 a 50 %), con pequeñas proporciones de otros componentes (nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, sulfuro de hidrógeno), cuya composición depende tanto de la materia prima como del proceso en sí (Lorenzo y Obaya, 2005).

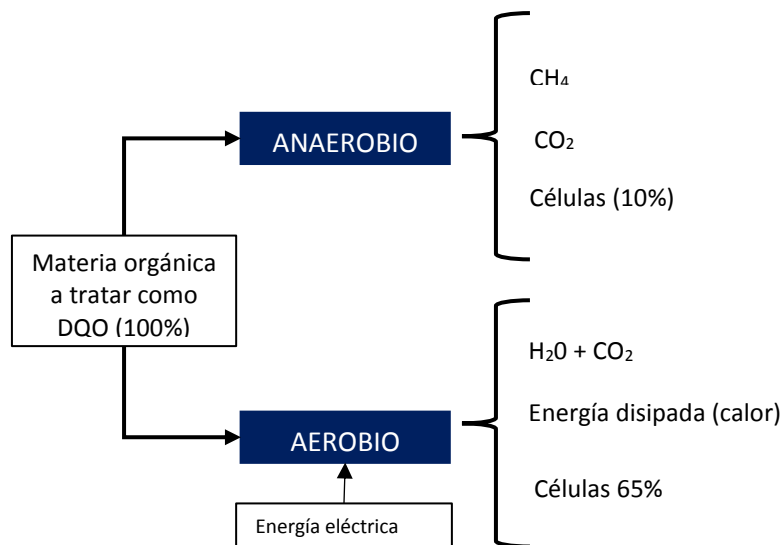


Figura 11. Esquema del flujo de energía contenida en el sustrato en función del tipo de tratamiento aplicado (caso de sustrato fácilmente biodegradable).

Fuente: Noyola et al., 2013

Las principales ventajas de tecnología basada en procesos biológicos anaerobios se encuentran: 1) bajos costos de operación y mantenimiento, 2) poco requerimiento de área, 3) producción de biogás, y 4) baja producción de lodos. De esta manera, los sistemas anaerobios resultan muy adecuados para el tratamiento de aguas residuales con alta cantidad de materia orgánica, ya que presentan una elevada capacidad para eliminación de este contaminante. (Marín, et al., 2014).

Por otro lado las tecnologías usadas para efectuar un proceso anaerobio en el saneamiento de las aguas residuales son los digestores anaerobios, los cuales se clasifican en reactores de baja y alta carga. En los digestores de baja carga, la mezcla de lodos no se calienta ni se mezcla su contenido, los tiempos de retención varían entre 30 y 60 días. En contraste los digestores de alta carga disponen de dispositivos para el calentamiento y mezcla del lodo contenido en el digestor (MAPAS, 2016).

Dentro de los digestores anaerobios más utilizados se encuentran dos tipos:

Reactores anaerobios de flujo ascendente (RAFA): La principal característica de un reactor UASB (del inglés Upflow Anaerobic Sludge Blanket) o RAFA, además del flujo ascendente (figura 10), es la formación de un manto de lodo floculento o granular con buena capacidad de sedimentación, en donde se realiza la actividad biológica (Lorenzo y Obaya, 2006).

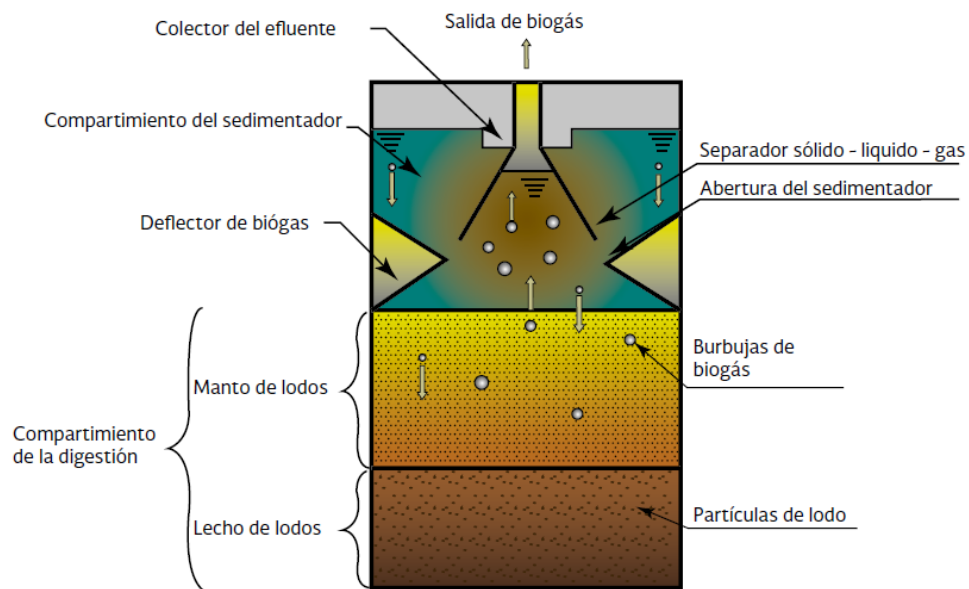


Figura 12. Dibujo esquemático de un reactor anaerobio de flujo ascendente
Fuente: MAPAS (2015).

Por su parte la CONAGUA establece a través de MAPAS, 2015 que el funcionamiento de este reactor se basa en la conducción del agua residual a tratar desde la parte superior del reactor (tanque) hacia el fondo del mismo por medio de

un sistema de tuberías. El afluente fluye en sentido ascendente a través de un manto de lodos (microorganismos anaerobios) llevándose a cabo de esta forma el tratamiento del agua residual.

El biogás producido en condiciones anaerobias (principalmente metano y dióxido de carbono) genera una circulación interior (mezclado). El biogás, el lodo y el líquido tratado ascienden a la parte superior del reactor, en donde entran en contacto con deflectores que permiten la separación del biogás y la sedimentación del lodo. El biogás es capturado en la campana de recolección que se encuentran en la parte superior del reactor. El líquido tratado (efluente) sale por la parte superior.

Por su parte los filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFA) se definen como sistema de tratamiento de aguas residuales con biopelícula fija para la remoción de materia orgánica en condiciones anaerobias (figura 11). Su utilización en México es incipiente; sin embargo, en otros países de climas templados han demostrado su eficiencia, principalmente cuando se combina con otros procesos de tratamiento biológico (MAPAS, 2015).

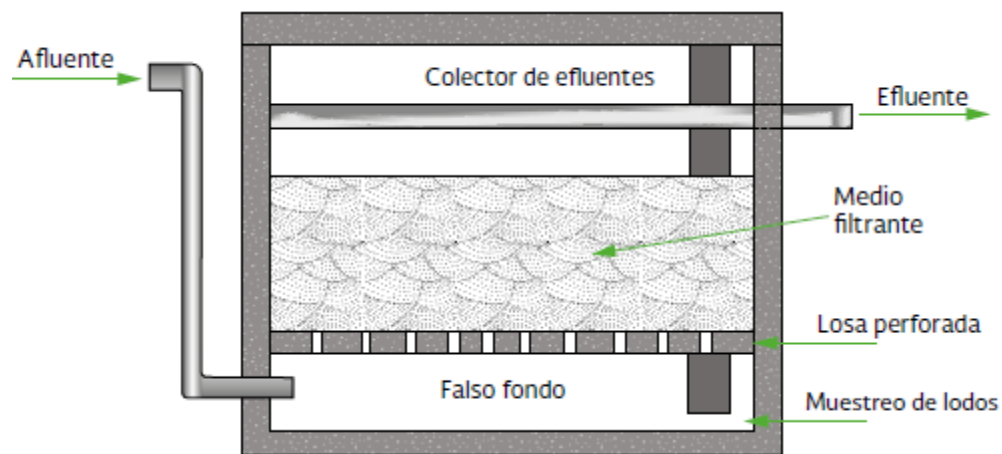


Figura 13. Dibujo esquemático de un reactor anaerobio de flujo ascendente
Fuente: MAPAS (2015).

1.1.4. Enfoques del estudio

1.1.4.1. Sustentabilidad

El agua resulta fundamental para el desarrollo socio-económico y medioambiental a nivel global (ONU, 2014), tiene influencia en la reducción de la pobreza, el crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental, si bien el uso racional y el saneamiento del agua impactan en factores tales como la salud humana, el medio ambiente y el desarrollo económico de un país, y su buen manejo contribuye a mejorar el bienestar social a través de acceso a servicios básicos y el crecimiento inclusivo (UNESCO, 2017).

Cabe señalar que el recurso hídrico se ha convertido como elemento central del desarrollo sostenible (figura 12), ya que intenta abordar de una manera integrada problemáticas relacionadas con el agua considerando las dimensiones social, ambiental y económica. El desarrollo sostenible busca encontrar un punto de partida y lograr que la humanidad se encuentre comprometida a conservar, utilizar y reutilizar los recursos naturales como buen administrador ya que “los riesgos medioambientales del crecimiento económico no se consideran insuperables creando una idea de optimismo generalizado sobre la disponibilidad futura de recursos naturales” (De Geus, 1999; citado por Ramírez y Sánchez, 2009).

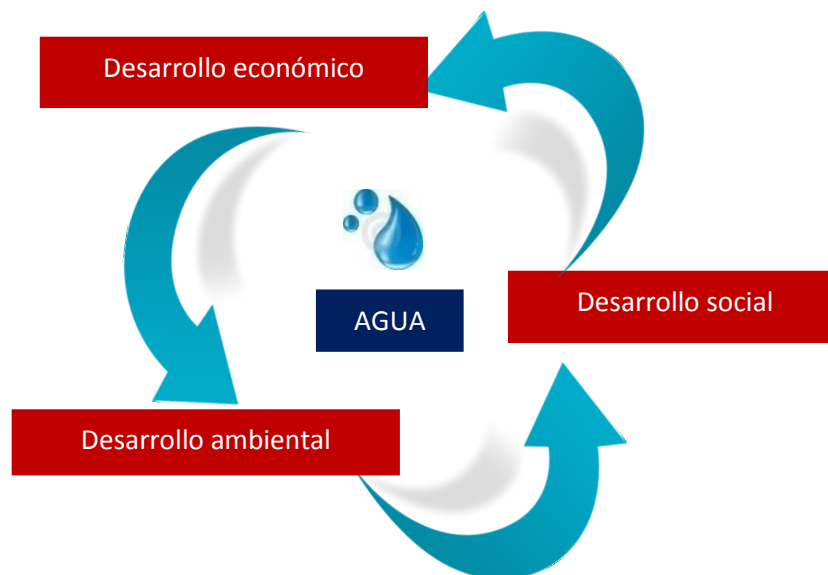


Figura 14. El agua en la sostenibilidad ambiental
Fuente: Elaboración Propia a partir de ONU-DAES (2012).

1.1.4.2. Economía Solidaria

La actual crisis económica, social y ambiental a nivel mundial han llevado a un cuestionamiento profundo de las estrategias de crecimiento y cursos de acción del capitalismo (figura 13), y sobre todo el reconocimiento cada vez mayor de que a través de los preceptos del neoliberalismo no es posible afrontar los desafíos ambientales del desarrollo contemporáneo (ONU, 2014).

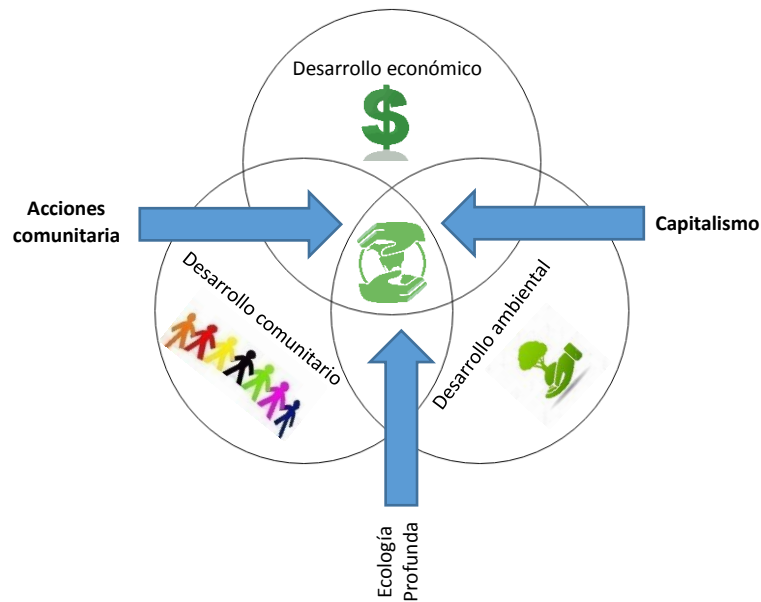


Figura 15. Capitalismo y sostenibilidad

Fuente: Elaboración propia a partir de Barkin y Lemus (2011).

El agua debe ser considerada “más que un factor de producción, debe ser visto como un factor de cohesión social, económico y ambiental”. Por ello, la conceptualización del agua puede abordarse desde distintas perspectivas como factor de producción, como activo financiero y como activo ecosocial (Aguilera 2010).

Como una respuesta ante esta crisis actual surge la economía social y solidaria como alternativa para afrontar de manera integral los diferentes problemas actuales ambientales, económicos y sociales (Coraggio, 2011; Singer, 2001; Razetto, 1995). En este sentido, Barkin y Lemus (2011) señalan que una alternativa ante la problemática ambiental, es reflexionar con base a la economía social y solidaria, ya que esta, integra a la economía ecológica y a su vez ofrece una oportunidad para analizar, comprender y transformar la crisis actual.

De este modo la importancia de la economía ecológica es generar la base para la construcción de una nueva dinámica de colaboración, de cooperación, entre los grupos sociales participantes y ruta hacia la resolución de algunos de los problemas de contaminación de los recursos naturales, devolviendo la responsabilidad para su implementación a las comunidades o a los grupos sociales.

Para construir una solución alternativa bajo el enfoque de la ECOSOL se debe de tomar como eje primordial la acción colectiva, la formación de grupos sociales organizados para efectuar el cambio de manera intencional en las dimensiones, ambiental, social y económica. Más aún se debe de fortalecer las relaciones sociales entre los participantes de todos los sectores y de todos los grupos sociales y una vez comprometidos solucionar las diversas problemáticas como las relacionadas con el agua ya que con ello se puede efectuar una transformación para asegurar el bienestar y compartirlo (figura 14).

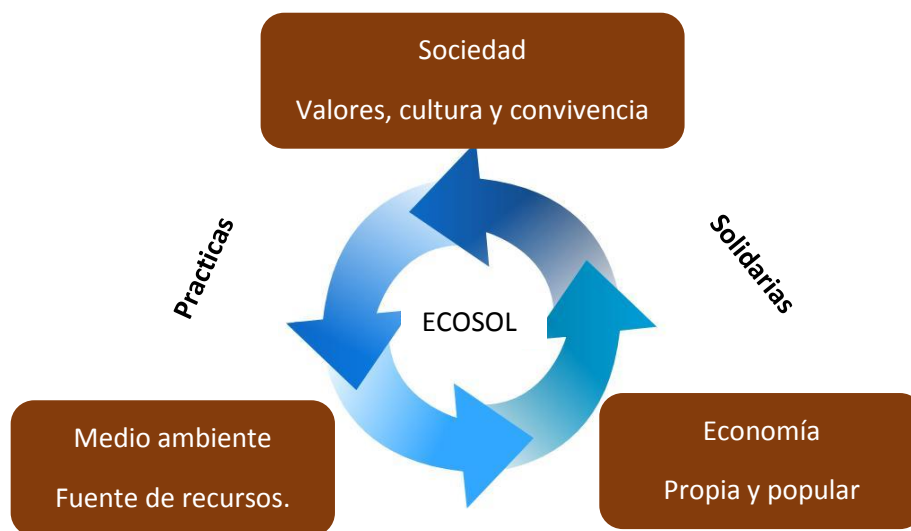


Figura 16. Sostenibilidad y economía social-solidaria (ECOSOL).
Fuente: Elaboración propia a partir de Razzeto (1995)

1.1.5. Tecnología, tecnología alternativa y transferencia tecnológica

La tecnología se define como un conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico, sin embargo su importancia radica en la posible aplicación de esta para resolver problemas ambientales, sociales y económicos, inclusive se considera como una base para la formación de políticas públicas en relación a un problema determinado (Quallenberg, 2012). Por su parte Tabares y Correa (2014) definen la tecnología como una variable independiente, con un proceso lineal en el que ésta determina los aspectos sociales y contribuye al progreso de la humanidad.

A grandes rasgos la tecnología se clasifica como tecnología flexible y fija, por un lado la tecnología flexible se define como aquella tecnología que infiere a la amplitud con que las máquinas, el conocimiento técnico y las materias primas pueden ser utilizados en otros productos o servicios. Por otro lado la tecnología fija: es aquella que no puede utilizarse en otros productos o servicios. También puede decirse que es aquella que no está cambiando continuamente (Thompson, 2007).

Sin embargo existen otros tipos de tecnologías que han tomado relevancia debido a la consideración de aspectos sociales, económicos y ambientales, tal es el caso de las tecnologías alternativas, sociales o apropiadas, la cuales son aquellas que promueven el uso de recursos locales y los usan de una forma racional con la finalidad de no agotarlos, generan empleo en las economías regionales, especialmente en las áreas rurales, son producidas preferentemente a pequeña escala y de forma descentralizada. Por otra parte son diseñadas, adaptadas y difundidas mediante procesos participativos, con diálogo entre los saberes locales y los científicos (Ramírez et., al, 2015; Navarro et al., 2013; Pacheco y Gómez, 2007).

Cabe señalar que Ortiz et., al (2014) afirman que la tecnología alternativa debería cumplir criterios ambientales, sociales y económicos, ser accesibles, especialmente para los sectores más pobres de la sociedad, estar enfocadas a las necesidades y

tomar en consideración los contextos locales en los que se implementen. Por otra parte ser amigables con el ambiente, promover el uso eficiente de recursos, el reciclado y el reúso de los productos.

Por su parte Morato et., al (2006) considera que una tecnología alternativa debe de cumplir con características tales como: bajo costo y fácil construcción, mostrar un consumo de energía nulo o escaso mantenimiento y operación sencillos, no deben de ser agresivos para el medio ambiente, ni considerar alguna actividad altamente riesgosa para el ambiente, así mismo deben de presentar una simplicidad operacional y escaso mantenimiento, aunado a presentar bajo costo de construcción (figura 15).

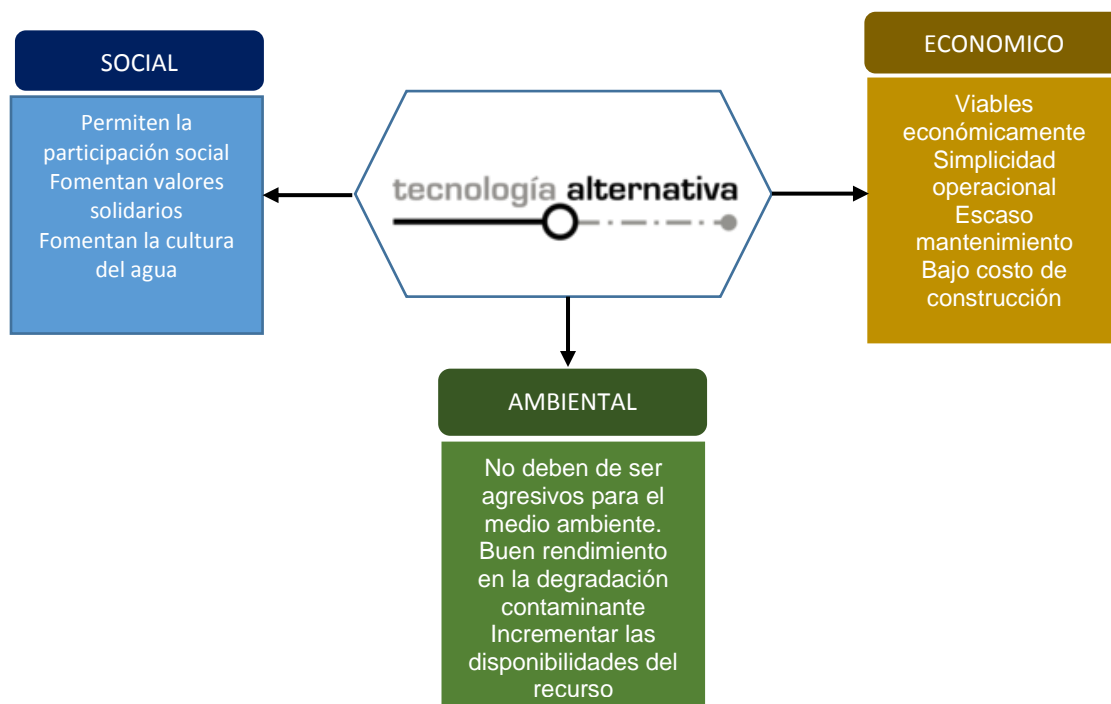


Figura 17. Características de las tecnologías alternativas

Fuente: Elaboración propia a partir de Ramírez et., al, 2015; Pacheco y Gómez, 2007; Morato et., al, 2006.

Es importante mencionar que al considerar una tecnología ya sea del tipo alternativo o convencional para cualquier tema resulta imprescindible la búsqueda de una forma en la cual se haga llegar a los usuarios, es decir una transferencia tecnológica. En este sentido, Padilla y Torregrosa (2002) resaltan la importancia del uso, implementación y la transferencia de la tecnología alternativa para abordar problemáticas relacionadas con el recurso hídrico ya que no solo se deben de tomar

en cuenta aspectos técnicos para la solución, sino se requiere considerar las relaciones sociales y culturales de las poblaciones objetivo, así como sus necesidades, enfatizando que el uso de estas tecnologías más que técnica involucra aspectos sociales.

Para llevar a cabo un proceso de transferencia de tecnología se debe considerar el carácter social-solidario, lo cual permitirá que la participación social deje de ser una idea utópica convirtiéndose en una estrategia viable en la implementación de proyectos para la solución de problemáticas de diferente índole en las comunidades. De acuerdo a Maya (2008), la implementación de la tecnología y su transferencia aparece como la esperanza para lograr conciliar el crecimiento con la protección del medio ambiente.

Martínez et al., (2016) menciona factores de importancia en el proceso de la transferencia de la tecnologías alternativas tales como la compatibilidad (alto de radicalidad puede dificultar su adopción), el costo (una de las primeras barreras para la introducción), la capacitación para su utilización, y el beneficio o ganancia, la relación entre los actores (difusores de tecnología y usuarios), el origen (una tecnología será más rápidamente difundida si ésta se encuentra en el país en que se desarrolló, siendo necesario la consideración ambiental, productiva, económica y cultural de zona en la que se lleve a cabo la transferencia tecnológica).

El proceso metodológico establecido por Solano, et al., (2013) considera 6 pasos fundamentales para realizar un proceso de transferencia tecnológica: 1.- Diagnostico, 2.- Identificación de la problemática, 3.- Diseño de la tecnología alternativa, 4.- Evaluación de la tecnología alternativa, 5.- Implementación de la tecnología propuesta y 6.- Evaluación de la transferencia tecnológica. Este proceso determina una metodología para que las personas de una población se apropien de una tecnología generada (figura 16).

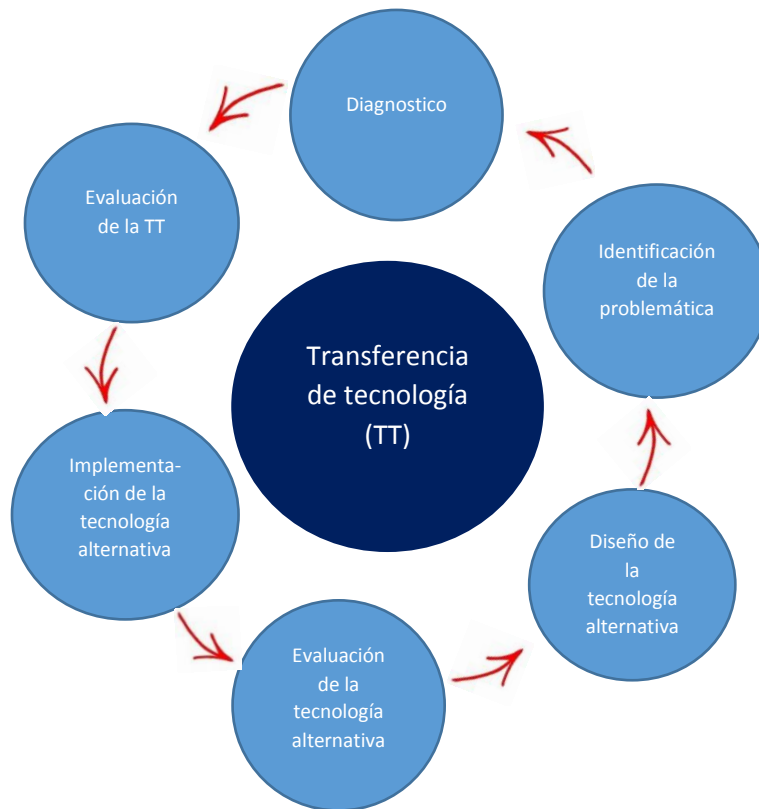


Figura 18. Proceso metodológico de transferencia de tecnología
Fuente: Elaboración propia a partir de Solano et al., (2013).

Durante la transferencia tecnológica debe de considerarse su difusión ya que el proceso de transferencia está asociado con la difusión tecnológica y diseminación de conocimientos (Bozeman, 2000 citado en Aponte, 2015). En ese sentido, la transferencia de tecnología está más asociada al proceso activo y voluntario para diseminar y adquirir nuevas experiencias o conocimientos, y la difusión es un proceso normalmente abierto, sin pago, más ligado a la transferencia y comunicación de conocimientos científicos, por métodos abiertos como artículos, conferencias, comunicaciones (Aponte, 2015), o bien a través de trípticos, folletos, radio, televisión, internet, libros, entre otros, tomando en consideración las tecnologías con las que dispone el sitio en el que se pretende realizar la difusión (Aparicio, 2004).

1.1.6. Participación social y cultura del agua

La participación social está definida por Gil y Reyes (2015) como una herramienta que puede incorporar múltiples conocimientos (tradicionales, científicos, técnicos, administrativos, entre otros); lo que permite tener una visión integral de los problemas y prioridades con respecto a los recursos naturales tal es el caso de la problemática del saneamiento del agua en la que se incluye la necesidad de acceder a conocimientos tradicionales y científicos para abordar esta problemática.

Otro concepto que toma sentido en este trabajo es la cultura del agua, la cual surge por la necesidad definir un rumbo para lograr el cuidado del agua así como su reutilización, este concepto supone una ruptura de paradigmas, es una forma distinta de comprender el agua, aporta un punto de vista más sensible y apegado a las emociones y a los sentimientos, es decir; una llamada de atención a esa realidad, a ese egocentrismo, a esa soberbia y a ese orgullo devastador; por ello se debe considerar mucho más que una apelación al uso eficiente y responsable del recurso (Martínez, 2008).

Por otra parte, Gómez (2012) señala que es indispensable una nueva cultura del agua para lograr un cambio de pensamiento y de prácticas con mayor apego a los valores y a los principios éticos y morales hacia la naturaleza y el ser humano. Igualmente menciona, que uno de los principales cambios necesarios para una nueva cultura del agua es devolver a los ríos y a las aguas sus funciones y sus atributos naturales, logrando una descontaminación del recurso hídrico, así como comprender el valor de los ríos como claves de articulación social y territorial.

1.1.7. Capital social

El capital social se define como agregado de los actuales o potenciales recursos que están relacionados con la posesión de una red perdurable de relaciones más o menos institucionalizadas de conocimiento y reconocimiento mutuo , que le brinda a cada uno de los miembros el respaldo del capital socialmente adquirido, una credencial que les permite acreditarse, en los diversos sentidos de la palabra, lo

anterior de acuerdo a uno Pierre Bourdieu (1986), citado en Vargas (2002), en uno de los primeros esfuerzos de conceptualizar al capital social.

Una definición más actual de este concepto es la de Portales (2014) quien define al capital social como la capacidad de un determinado grupo de personas para organizarse y actuar de forma colectiva que permite el acceso a beneficios concretos.

El capital social considera un grupo de valores inmersos que pueden ayudar a lograr el saneamiento del agua de forma integral, ya que cuando se habla de sanear el agua no solo basta con hablar de tecnología sino de una red de valores necesarios para propiciar dicho cambio, tal como lo señala Madeleine (2005), quien señala que ante una problemática de tipo ambiental se requiere de una innovación social a partir de designar nuevas formas organizacionales y prácticas sociales que contribuyen al mejoramiento de una situación o dan una respuesta inédita a una necesidad colectiva, como lo es el saneamiento de las aguas residuales o la generación de las mismas.

Por otra parte en relación a la problemática del saneamiento del recurso hídrico y el capital social Bustamante et al., (2016) establece la necesidad que tanto los organismos gubernamentales así como asociaciones civiles (ONG's) y equipos técnicos externos o propios de la comunidad deben tomar en cuenta los factores sociales, ya que es una forma en que se presenta un dialogo indirecto con la población en la que se interviene, al considerar este aspecto se logra identificar una percepción de la problemática por los pobladores y la confianza entre los usuarios en relación con la nueva tecnología propuesta, promoviendo el capital social presente a través de una propuesta de solución y procesos de aprendizaje que se incorporen.

López et al., (2017) establece que la cooperación, la organización y la confianza son elementos que deben de estar presentes en proyectos relacionados con el manejo

de las aguas residuales, la cooperación de las personas en tanto a la construcción de sistemas eficientes de solución, un desarrollo de la confianza de los pobladores con instituciones gubernamentales y no gubernamentales quienes proponen una solución factible, y la organización entre los pobladores para poder propiciar una mejora en la participación social.

El proyecto plantea un marco teórico basado en el análisis crítico de la sustentabilidad de acuerdo a diferentes autores (Galli et al., 2013; Gonzaga et al., 2015; Barkin y Lemus, 2011; Coraggio, 2011; Singer, 2001; Razetto, 1995; ONU, 2014; Ramírez y Sánchez, 2009; Gil y Reyes 2015; Fumero, 2010; Vercelli, 2010; Bjiker, 2005; Morato et al., 2006; Ortiz et al., 2014). A partir de dicho análisis se establece como eje rector el enfoque sustentable, ya que resulta primordial en la búsqueda de soluciones para resolver problemáticas medioambientales, específicamente relacionados con el saneamiento del agua. Más aún este enfoque considera como parte de la solución que aborda aspectos sociales, económicos y ambientales.

Cabe señalar que el enfoque sustentable en el trabajo se consideró al diseñar una tecnología alternativa o apropiada, quien en su concepto relaciona aspectos de los tres factores de la sostenibilidad (figura 17).

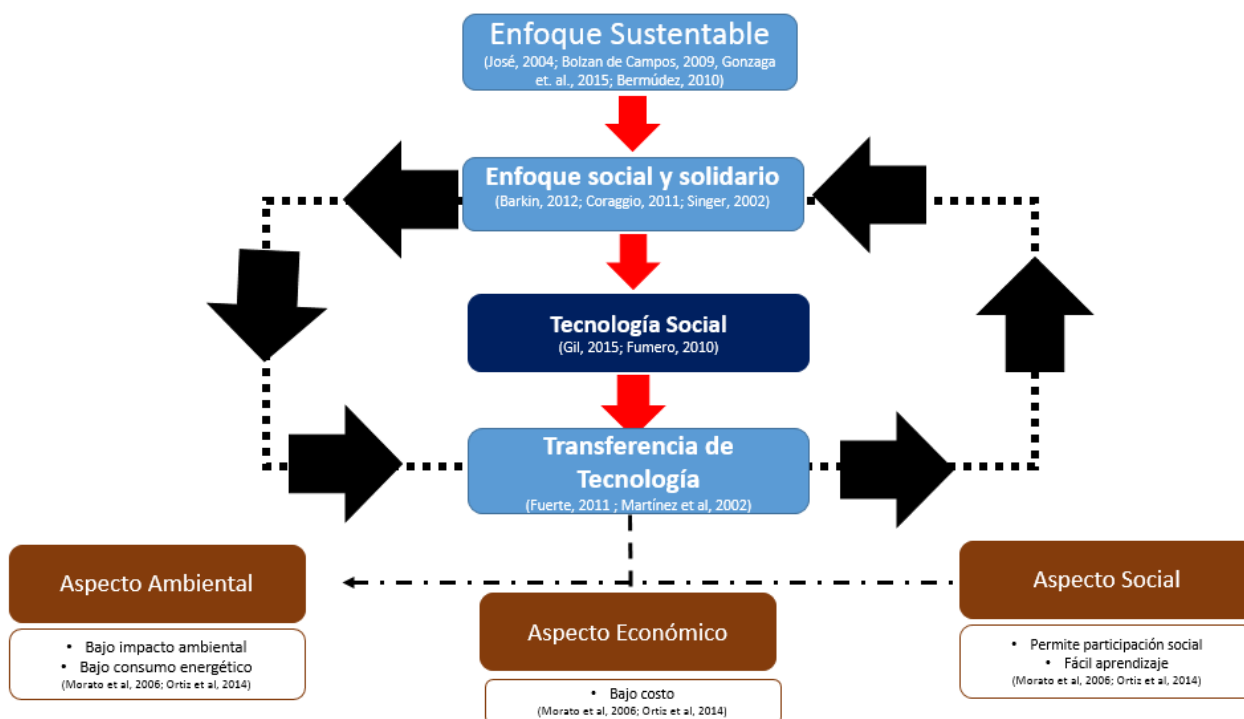


Figura 19. Marco teórico del proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

El aspecto social resulta primordial al considerar un enfoque social solidario ya es necesario considerar acciones que involucren a la comunidad y fomenten la red perdurable de relaciones de conocimiento y reconocimiento mutuo. Por lo que en este aspecto se aborda un enfoque social solidario al realizar acciones relacionadas con aspectos que integran al capital social, tales como la confianza, la participación y la cooperación en relación a la solución tecnológica así como actividades de difusión de la tecnología, este último con la finalidad de permitir hacer llegar conocimientos de tipo técnico a la sociedad e incidir en el aspecto social no solo por el diseño sino por el proceso de difusión.

En el aspecto ambiental la relevancia corresponde al diseño conceptual de una tecnología apropiada o alternativa considerando ventajas económicas, sociales y ambientales. En el aspecto económico, inmerso en el diseño tecnológico, se considera una tecnología que garantice un bajo costo en las etapas de preparación del sitio, operación y mantenimiento, para lograr efectuar un cambio de pensamiento

al bajo uso de tecnologías relacionadas con el saneamiento del agua debido a los altos costos.

1.2. Marco metodológico

Para el diseño de la metodología del proyecto se realizó un análisis de las metodologías de tipo participativo: Intervención Comunitaria (IC), Investigación Acción Participativa (IAP), y Metodología participativa APERPRODER (tabla 4 y 5), con la finalidad de generar una metodología híbrida aplicable al presente proyecto (figura 18).

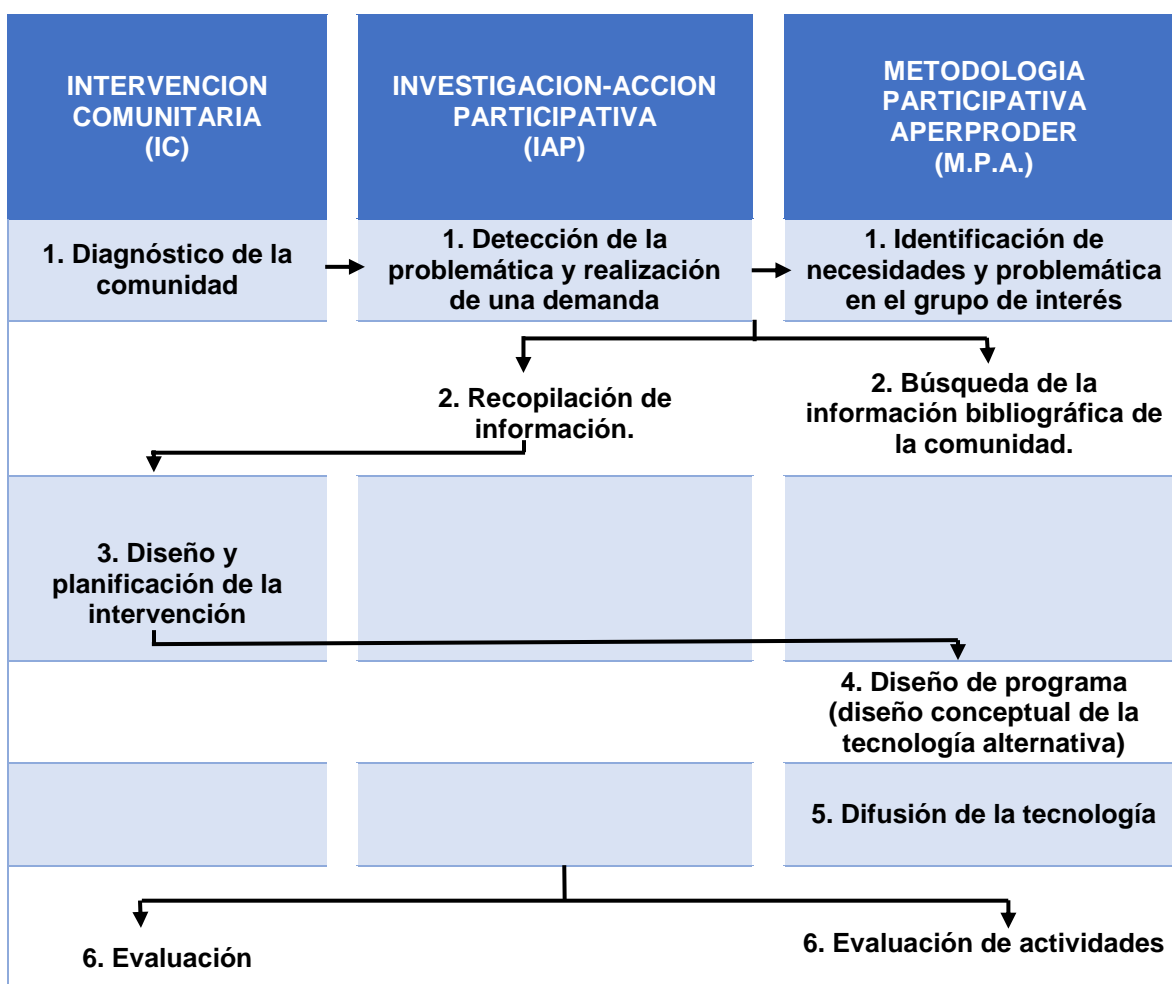
Tabla 4. Metodologías para el diseño de la metodología a implementar en el proyecto

INTERVENCIÓN COMUNITARIA (IC)^(a)	INVESTIGACIÓN-ACCIÓN PARTICIPATIVA (IAP)^(b)	METODOLOGÍA PARTICIPATIVA APERPRODER (M.P.A.)^(c)
1. Diagnóstico de la comunidad	1. Detección de la problemática y realización de una demanda	1. Identificación de necesidades y problemática en el grupo de interés
2. Características del grupo	2. Planteamiento de la investigación	2. Búsqueda de la información bibliográfica de la comunidad.
3. Evaluación de las necesidades del grupo	3. Recopilación de información.	3. Diseño de programa (diseño conceptual de la tecnología alternativa)
4. Diseño y planificación de la intervención	4. Constitución de la Comisión de Seguimiento.	4. Evaluación de impacto social futuro
5. Evaluación inicial	5. Constitución del Grupo de IAP.	5. Análisis de la solidez y diversidad de la comunidad.
6. Ejecución e implementación	6. Introducción de elementos analizadores.	6. Elección participativa de acciones a llevar a cabo en el programa
7. Evaluación	7. Inicio del trabajo de campo	7. Definición de objetivos, metas e indicadores para evaluación del programa
8. Diseminación	8. Entrega y discusión del primer informe.	8. Calendarización de actividades y resultados esperados

	9. Trabajo de campo (entrevistas grupales a la base social).	9. Difusión
	10. Análisis de textos y discursos.	10. Evaluación de actividades
	11. Entrega y discusión del segundo informe.	
	12. Realización de talleres.	
	13. Diseño e implementación del Programa de Acción Integral (PAI).	

Fuente: (a) Mori (2008), (b) Martí (2010); Mercedes (2011) y (c): GRUPEDSAC (2010)

Tabla 5. Análisis de metodologías participativas base.



Fuente: (a) Mori (2008), (b) Martí (2010); Mercedes (2011) y (c) GRUPEDSAC (2010).

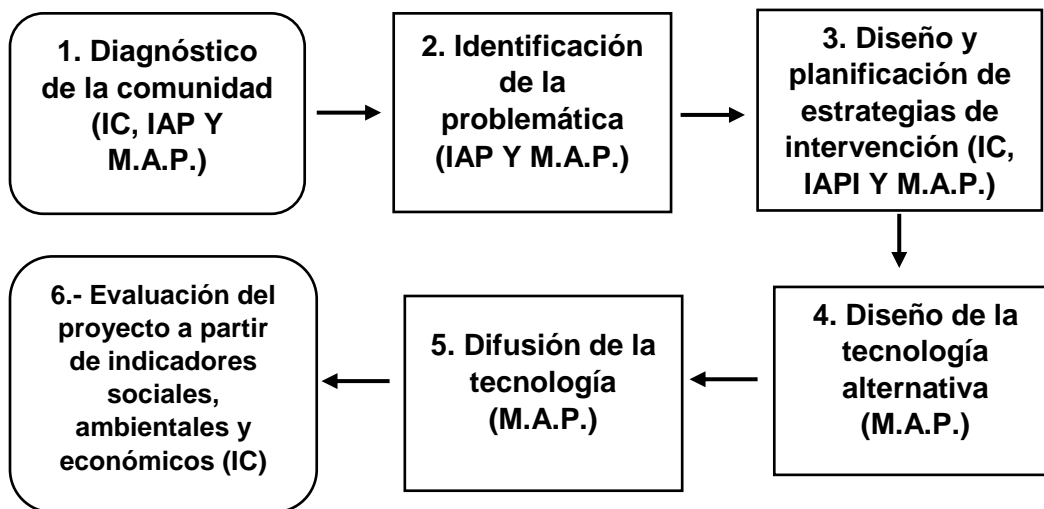


Figura 20. Metodología general adaptada a partir de metodologías participativas.
Fuente: Elaboración propia a partir de Mori (2008); Marti (2010); Mercedes (2011) y GRUPEDSAC (2010).

La etapa 1 de la metodología general híbrida corresponde a la realización de un diagnóstico de la comunidad de manera participativa, efectuada a través de la aplicación de herramientas y técnicas tales como; recorridos de campo, pláticas informales, encuestas y entrevistas.

La etapa 2 corresponde a realizar una recolección de la información, con el objetivo de identificar y conceptualizar la problemática mediante la aplicación de técnicas cualitativas y cuantitativas, obteniendo un conocimiento exploratorio de los aspectos relacionados con la problemática a abordar, contrastando de este modo el conocimiento obtenido con los datos encontrados en la revisión bibliográfica (Mori, 2008).

En la etapa 3 se define el diseño y la planificación de la intervención (GRUPEDSAC, 2010; Mori, 2008; Martí, 2010; Mercedes, 2011). Para esta fase se tomó en cuenta la metodología establecida por Ponce et al., (2009); Ortiz et al., (2014) y Günther, (2013), la cual consta de tres etapas para establecer la planeación de estratégica para intervenir en una comunidad (figura 19):



Figura 21. Metodología empleada para el diseño de estrategias de intervención en la comunidad de SSEO.

Fuente: Ponce et al., (2009); Ortiz et al., (2014) y Sandoval y Günther (2013)

La etapa 4 contempla la realización de un diseño conceptual de la tecnología alternativa, para lo cual se consideraron dos metodologías; la primera definida por Rodríguez et al., (2015), y la segunda por Noyola et al., (2013). A partir de las cuales se elaboró una metodología secundaria adecuada y aplicable a este proyecto para llevar a cabo el diseño conceptual de la tecnología alternativa. Dicha metodología se encuentra integrada por cinco etapas (figura 20): 1. Identificación de tecnologías apropiadas para el saneamiento de las aguas residuales domésticas, 2. Revisión de aspectos técnicos, ambientales, económicos y sociales en la selección de la tecnología, 3. Decisión para la preselección de tecnologías y, 4. Evaluación y selección de la tecnología a partir de indicadores sociales, económicos, técnicos y ambientales, y 5. Dimensionamiento de la tecnología apropiada



Figura 22. Metodología diseño conceptual de la tecnología apropiada
Fuente: Elaboración propia a partir de metodologías de Rodríguez et al., (2015) y Noyola et al., (2013)

En la etapa 5 de la metodología general se establece la necesidad de difundir la tecnología diseñada (APERPRODER), lo cual resulta necesario para que la población adquiriera conocimientos acerca de soluciones tecnológicas en relación a la problemática del saneamiento del agua, identificándose en primera instancia cuales son los medios de comunicación presentes en la población para su posterior difusión de la tecnología.

Y en la etapa 6 de la metodología general se establece una evaluación a partir de indicadores ambientales, sociales y económicos, previamente seleccionados con la finalidad de obtener información acerca del impacto generado por el proyecto.

Capítulo 2. Metodología

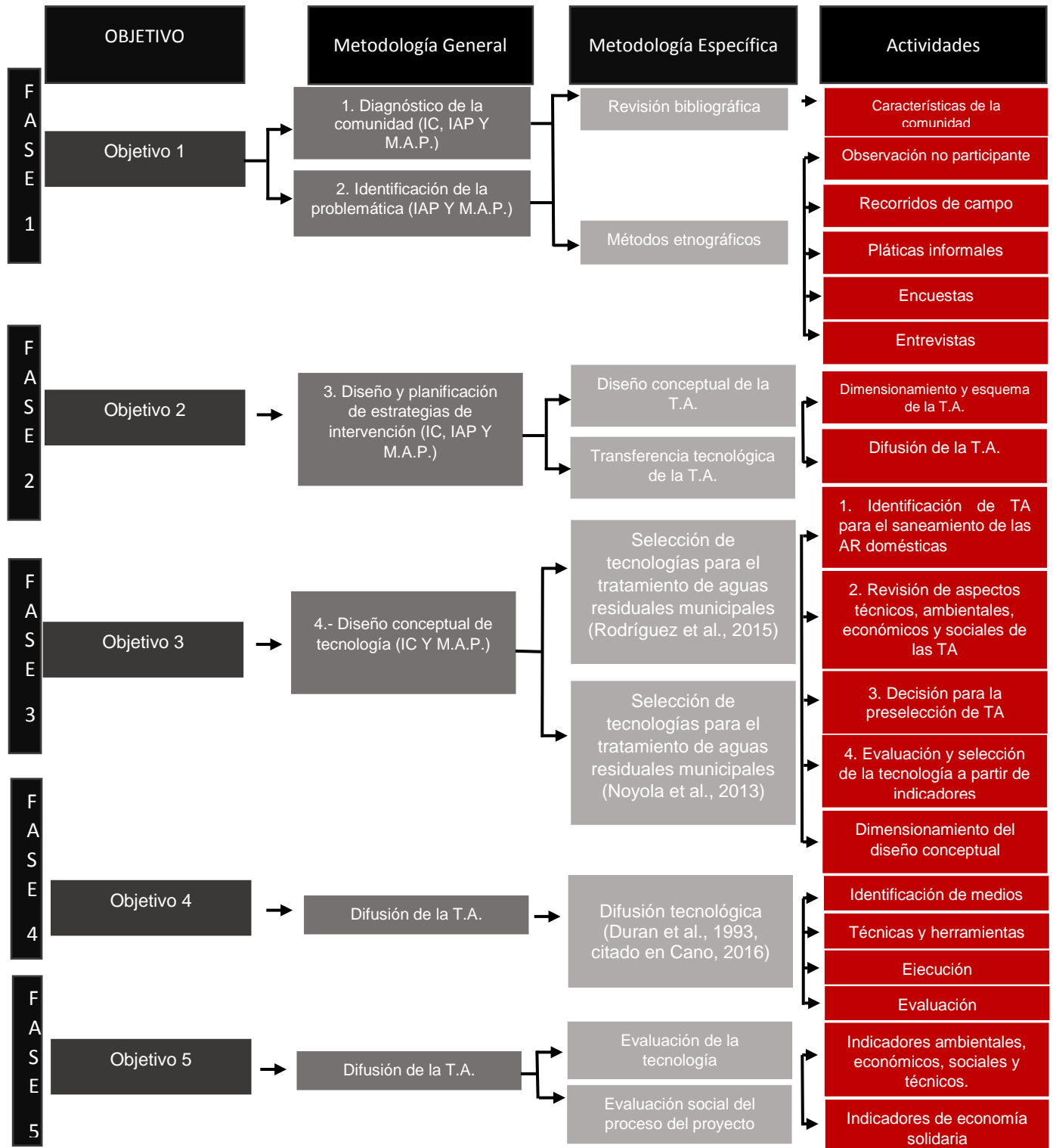


Figura 23. Esquema metodológico general del proyecto. Elaboración propia a partir de los Objetivos Específicos del Proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

2.1. Primera etapa. Diagnostico

2.1.1. Caracterización del sitio

Medio natural

El diagnóstico del medio natural fue realizado a partir de trabajo de gabinete y de campo, para esta actividad se utilizó la metodología de Velázquez (2005), la cual establece que para realizar un diagnóstico del medio ambiente es primordial emplear cada uno de los sentidos y lograr la contemplación de la naturaleza a través del contacto físico con el entorno, pues de ella se deriva todo aquello que los seres humanos necesitan conocer.

El diagnóstico en la comunidad de SSEO se llevó a cabo mediante recorridos por las calles de la población y pláticas informales con las autoridades municipales, así como con algunos pobladores. Lo anterior con la finalidad de obtener información acerca de la problemática de la falta del saneamiento del agua en la localidad y la identificación de la presencia de valores relacionados con la economía solidaria tales como la confianza, la participación y la cooperación presentes en esta comunidad.

Medio artificial

El diagnóstico del medio artificial que se realizó en SSEO fue de tipo participativo A través de acciones con la comunidad (recorridos de campo, pláticas informales, cuestionario, entrevistas) y mediante una guía de observación del contexto, en el que se resaltan los lugares de recreación, espacios de agrupación (iglesia), escuelas, viviendas con problemática de la falta de saneamiento del agua y otros sitios representativos de la localidad (agencia municipal).

Los recorridos de campo en la comunidad se realizaron dentro del período febrero y marzo del 2017 con la autorización de las autoridades municipales y tuvo la finalidad de identificar problemáticas perceptibles relacionadas con el saneamiento del agua. Previamente en el mes de enero del mismo año se realizó una plática del equipo técnico del CIIDIR-Oaxaca con el agente municipal e integrantes del Comité

de Ecología, adicionalmente se recorrieron algunas zonas de la población donde estas autoridades informaron y mostraron la problemática existente de descargas de aguas residuales en algunas viviendas, del centro de la población.

Los recorridos de campo sirvieron para conocer el contexto de la comunidad, las formas de vida de los pobladores, los recursos disponibles, las medidas de mitigación empleadas en la disposición del agua contaminada, así como las tecnologías empleadas para su tratamiento. Para completar el diagnóstico del sitio a intervenir se aplicaron técnicas etnográficas⁶, como el cuestionario y las entrevistas, las cuales previamente se diseñaron y se validaron con las personas de la comunidad.

Cuestionario

El cuestionario E1SSEO (ANEXO A) se diseñó y aplicó a una muestra de la población de SSEO dicho instrumento se elaboró con un total de 27 preguntas bajo seis ejes temáticos: a) capital social presente en SSEO, b) percepción de la problemática del saneamiento del agua en la comunidad, c) cultura del agua por parte de los pobladores, d) percepción de las tecnologías y su uso para solucionar el problema de falta de drenaje, e) normatividad ambiental y su cumplimiento y f) disposición de los pobladores para recibir capacitación en tecnologías alternativas de saneamiento.

Recolección y análisis de datos del cuestionario

El cuestionario se aplicó a 40 pobladores en sus viviendas en la población de SSEO (figura 22), utilizando un muestreo del tipo aleatorio simple, para lo cual primeramente se estableció una división geográfica del municipio en la que cada unidad contó con las mismas posibilidades de ser considerada, este muestreo se realizó sin remplazo (Dos Santos et al., 2017).

⁶ La técnicas etnográficas corresponden a aquel conjunto de técnicas propias de un método integrativo que se puede nutrir de múltiples herramientas para la recolección, análisis e interpretación de datos (Pérez, 2012).



Figura 24. Mapa de aplicación de encuestas en la comunidad de SSEO (marcada con punteros amarillos).
Fuente: Elaboración propia.

La información obtenida de los cuestionarios se analizó manualmente y se organizó de acuerdo a los ejes temáticos establecidos tomando en cuenta cuatro categorías fundamentales para el estudio diagnóstico: a) participación social, b) percepción de la problemática, c) saneamiento-tecnología y d) disposición a la capacitación en tecnologías para el saneamiento del agua en la localidad. Para procesar la información y obtener los resultados se elaboró una base de datos en el programa Excel 2013 realizando graficas de la misma información y tablas resumen. Para lo anterior se empleó el método estadístico descriptivo para explicar los resultados encontrados.

Entrevistas

La primera entrevista estructurada (EN1SSEO) (ANEXO B) se diseñó con cuatro ejes temáticos y 15 ítems; tres preguntas se formularon para obtener información acerca del uso del agua en la vivienda de la comunidad, nueve para identificar la percepción del uso de este recurso hídrico y su problemática de saneamiento, dos preguntas para conocer la percepción del trabajo del comité de ecología, y una

pregunta para tener información relacionada con la participación social de los pobladores en obras de beneficio comunitario.

La segunda entrevista estructurada (EN2SSEO) (ANEXO D) se diseñó con dos ejes temáticos y 13 ítems; ocho preguntas para obtener información acerca de la sensibilización en el uso y manejo racional del agua, y cinco preguntas para recabar datos del eje temático de implementación tecnológica para el saneamiento de aguas en la comunidad.

Recolección de datos de entrevistas

Las entrevistas se aplicaron a ocho personas de la comunidad a través de un muestreo de tipo intencional o de convivencia (Mendieta, 2015). En la figuras 23 y 24 se muestra la ubicación de las viviendas de las personas entrevistadas, y que de acuerdo a lo manifestado por las autoridades municipales las casas de esta zona son los que presentan la problemática del saneamiento de aguas de una forma más crítica. Otros criterios para seleccionar a los entrevistados fueron:

- 1.- Las viviendas que evidenciaran descargas de aguas residuales hacia las calles o canales de riego.
- 2.- A través de la información de informantes clave sobre áreas que presentan una situación crítica.
- 3.- A través del método bola de nieve, bajo este criterio se identifica un informante clave (autoridad municipal) y este identifica a otro a quien entrevistar y así sucesivamente (Mendieta, 2015).

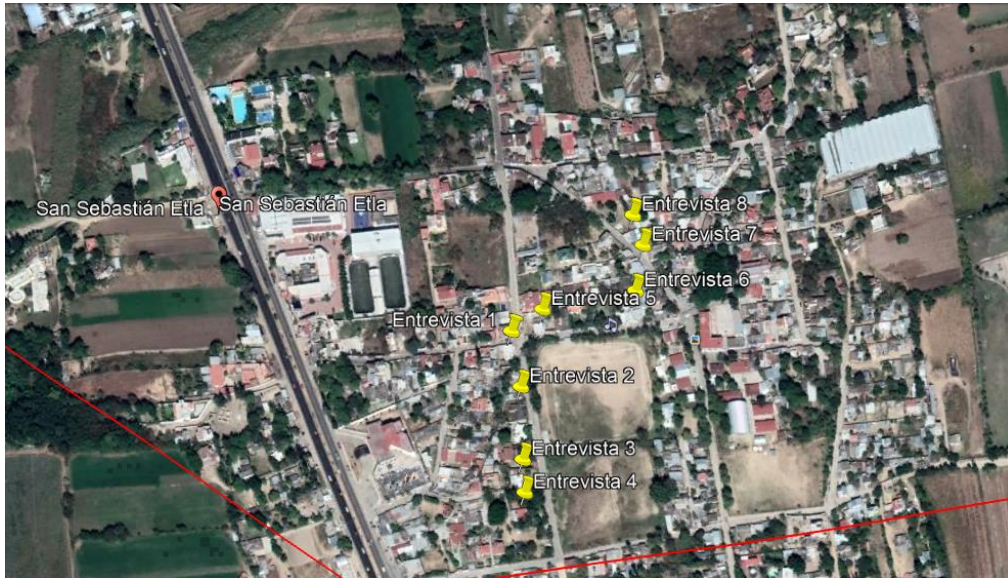


Figura 25. Mapa de aplicación de entrevista EN1SSEO en la comunidad de SSEO (marcada con punteros amarillos).
Fuente: Elaboración propia.



Figura 26. Mapa de aplicación de entrevista EN2SSEO en la comunidad de SSEO (marcada con punteros amarillos).
Fuente: Elaboración propia.

Análisis de datos de las entrevistas

Para el análisis de los datos de ambas entrevistas se utilizó el programa Excel versión 2013, en este programa se integraron las narrativas de los entrevistados las cuales se agruparon en tablas de acuerdo a cada eje temático mencionados anteriormente. Se recolectó información general de informantes clave donde la

percepción expresada en sus narrativas fueron los datos que nos permitieron identificar las problemáticas relacionada con la falta del saneamiento de las aguas residuales en la comunidad.

Capital social

Para identificar el capital social presente en la comunidad de SSEO se aplicó una metodología híbrida, la cual se encuentra basada en dos metodologías, la primera establecida por el INEC⁷ (2008), quien define la aplicación de encuestas y entrevistas de informantes clave y de población en general con la finalidad de recabar información.

Cabe señalar que conforme a lo establecido por esta metodología algunos valores del capital social no son medibles en forma directa, por lo que se recomienda utilizar preguntas indirectas sobre la presencia o ausencia de estos valores ante eventos de trascendencia en la vida familiar y comunal.

Por otra parte se incorporó la técnica de observación, la cual es resaltada para la identificación de valores solidarios en el método empleado por Sánchez (2007), quien establece que para identificar valores solidarios presentes en los municipios debe considerarse la aplicación de entrevistas, observaciones no participantes y revisión bibliográfica de datos de capital social en la comunidad.

Por lo que la metodología híbrida incluye la aplicación de técnicas y herramientas participativas: cuestionario, entrevistas, pláticas informales (figura 25), lo anterior con la finalidad de obtener información cualitativa y cuantitativa del capital social en la localidad de SSEO a través de la aplicación de la encuesta con clave E1SSEO y con las entrevistas con clave EN1SSEO Y EN2SSEO las cuales consideran un eje temático con preguntas directas o indirectas para determinar el capital social presente en la localidad.

⁷ INEC. Instituto Nacional de Estadística y Censos.

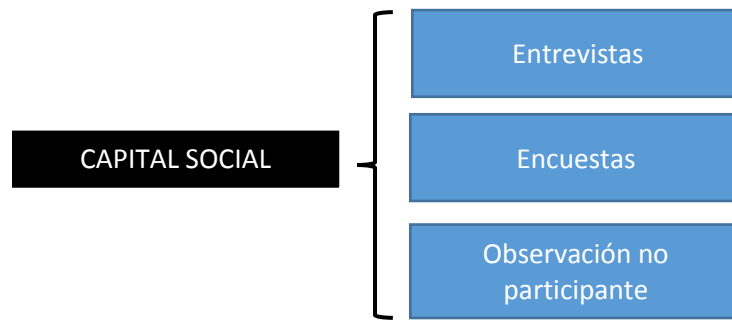


Figura 27. Técnicas y herramientas para identificar el capital social en SSEO
 Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2008 y Sánchez, 2007.

2.2. Detección de problemática

Una vez realizado el diagnóstico del medio físico y el medio artificial se identificaron cuatro problemáticas en la comunidad de SSEO: 1. Baja participación de la población en los proyectos hídricos, 2. Falta de tecnología apropiada para sanear las aguas residuales generadas en la población, 3. Capital social medio (cooperación, confianza y reciprocidad) y 4. Falta de políticas públicas existentes a nivel federal, estatal y locales en materia de aguas residuales en la comunidad. De las anteriores resalta la falta de saneamiento de las aguas residuales, el cual es percibido como problema central por los pobladores de SSEO.

2.3. Segunda etapa. Diseño y planificación de la intervención

En esta segunda etapa de diseño y planificación de la intervención en la comunidad se aplicó una metodología mixta a partir de lo establecido por Ponce et al., (2009), Ortiz et al., (2014) y Sandoval (2013), la cual se adaptó a las necesidades del proyecto y con la finalidad de establecer las estrategias para dar solución a la problemática presentada en la comunidad.

En dicha metodología se consideraron los siguientes pasos: a) Análisis situacional en la población con base al diagnóstico realizado en la comunidad, que permitió identificar problemas relacionados con la falta de saneamiento de aguas residuales

generadas en la comunidad de SSEO. b) Selección acciones para solucionar los problemas identificados en la comunidad. c) Establecimiento de valores de cambio esperados en la población de SSEO una vez que se realice la difusión de la tecnología alternativa propuesta para lograr el saneamiento de las aguas residuales.

2.4. Tercera etapa. Diseño Conceptual de la tecnología alternativa

Para el diseño conceptual de la tecnología alternativa se consideró la información existente de tecnologías alternativas establecidas para el tratamiento de las aguas residuales generadas de origen de tipo doméstico (Díaz et al., 2012). Así mismo se emplearon las metodologías establecidas por Rodríguez et al., (2015) y Noyola et al., (2013) con la finalidad de efectuar el proceso de la selección de la tecnología alternativa para su posterior dimensionamiento, el cual se realizó conforme a lo establecido en la metodología establecida en los Manuales de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS) 2015) definidos como guía de diseño por la Comisión Nacional del Agua.

2.4.1. Identificación de tecnologías alternativas

Revisión bibliográfica

Como primer paso para realizar el diseño conceptual de la tecnología se realizó una búsqueda bibliográfica y recopilación de información comúnmente de aquellas aplicadas en zonas rurales y urbanas usadas para resolver problemas de saneamiento del agua. Se consideraron aquellas tecnologías que forman parte de un sistema de saneamiento y aquellas que se catalogan como sistema de tratamiento de aguas residuales. Posteriormente se procedió a organizar la información obtenida en diversas fuentes en tablas de Excel. Para lo anterior se consideraron cinco aspectos fundamentales conforme a lo establecido a Ortiz et al., 2014 (figura 26).

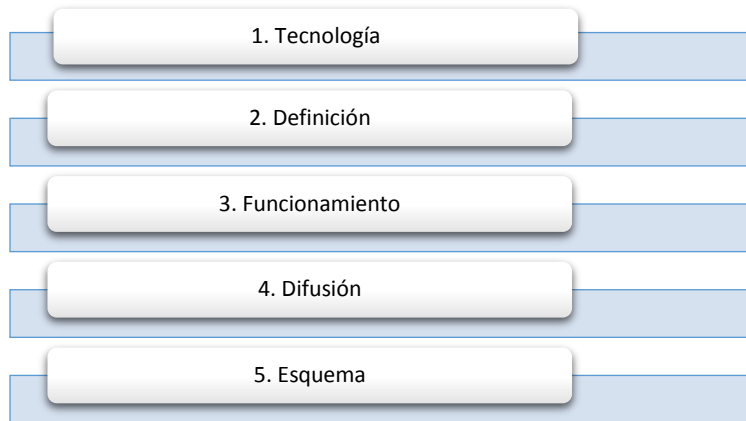


Figura 28. Aspectos considerados en la organización de la información de las tecnologías alternativas.

Fuente: Elaboración propia a partir de Ortiz et al., 2014.

Revisión de aspectos técnicos, ambientales, económicos y sociales en la selección de la tecnología

Como segundo paso en el diseño conceptual se revisaron cuatro aspectos; técnico, ambiental, económico y social de las tecnologías alternativas identificadas para el saneamiento del agua contaminada (de Anda, 2017). Así mismo se consideraron criterios importantes en su selección en base a la metodología establecida por Rodríguez, et al., (2015). Dichos criterios fueron: a) Seleccionar el origen del agua residual a sanearse, b) Utilizar indicadores en la selección de tecnologías alternativas y c) Eficiencias de remoción de contaminantes por tecnologías.

a) Seleccionar el origen del agua residual a sanearse

Para la selección del origen del agua residual a sanearse en la comunidad de SSEO se utilizó la investigación obtenida del diagnóstico participativo, donde se recabó información tanto del tipo de agua que pretenden sanear los pobladores así como su disposición final posterior a su tratamiento.

b) Indicadores de la selección de tecnologías alternativas

La metodología empleada para la selección de las características de las tecnologías alternativas y su organización se realizó conforme a lo establecido al método de Ortiz et al., (2014), quien señala que es relevante considerar indicadores sociales,

ambientales, de eficiencia y económicos establecidas en las ventajas y desventajas de cada sistema.

Por lo que para esta etapa se consideró la selección de características en relación ventajas y desventajas para identificar los aspectos de sostenibilidad, un rubro adicional señalado fue la normatividad actual aplicable a cada tipo de tecnología.

En relación al aspecto técnico el indicador fue primordialmente la eficiencia de remoción de cada tecnología apropiada en relación a parámetros establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996 (tabla 6).

Tabla 6. Parámetros de las aguas residuales establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Parámetros	Valor Máximo Diario
(miligramos/litro, excepto cuando se especifique)	
Temperatura a °C	40 °C
Grasa y aceites	25
Materia Flotante	Ausente
Sólidos sedimentables (ml/l)	2
Sólidos Suspendidos Totales	125
Demanda Bioquímica de Oxígeno ₅	150
Nitrógeno total	60
Fosforo total	20

Fuente: NOM-001-SEMARNAT-1996.

En el aspecto económico se seleccionaron los indicadores de costos de construcción, operación y mantenimiento, para el aspecto ambiental los indicadores fueron: requerimiento de energía y generación de residuos. Para el aspecto social los indicadores fueron: la participación social y grado de aceptación cultural (Rodríguez et al., 2015 y Ortiz et al., 2013). En la tabla 7 se resumen los indicadores que fueron considerados para la selección de la tecnología.

Tabla 7. Resumen de indicadores utilizados para la selección de la tecnología.

Aspecto	Indicador
Técnico	Parámetros de las aguas residuales establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996.
Económico	Costos de construcción, operación y mantenimiento
Ambiental	Requerimiento de energía Generación de residuos
Social	Participación social en la construcción

c) Eficiencias de remoción de contaminantes por tecnologías

Una vez realizada la tipificación anterior se procedió a identificar las eficiencias de remoción de contaminantes por cada una de tecnologías alternativas identificadas con la finalidad de comparar entre ellos quien ofrece una mejor remoción de contaminantes basado en la búsqueda bibliográfica (Rodríguez et al., 2015; Ortiz et al., 2014 y Servín, 2010).

Preselección de tecnologías

Para esta etapa se realizó la preselección de tecnologías que muestren una mejor respuesta en cuanto a los criterios anteriores señalando cual es el impacto en cada indicador (Rodríguez et al., 2015 y Ortiz et al., 2014).

Evaluación y selección.

Para la evaluación y selección de la tecnología alternativa se identificó el valor asignado a cada indicador en relación al aspecto social, ambiental, económico y técnico, esto conforme a lo establecido por los autores señalados en los aspectos anteriores. Cabe mencionar que los seis indicadores utilizados para la preselección de la tecnología fueron: en el aspecto ambiental el requerimiento de energía de cada tecnología y su generación de residuos, en el aspecto económico los costos en la construcción, operación y mantenimiento y en el aspecto social admisión de la participación social y la aceptación cultural, además se consideró la normatividad conforme a cada tecnología como rubro adicional (Rodríguez et al., 2015 y Ortiz et al., 2014).

2.4.2. Parámetros de diseño

Para esta etapa se consideró la metodología para el diseño de sistemas de saneamiento de las aguas residuales establecido por el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS) (2015), en el que se señalan cinco criterios iniciales antes de iniciar el dimensionamiento de una tecnología para el saneamiento

del agua contaminada (tabla 8) con la finalidad de efectuar los cálculos que dimensionen a la tecnología alternativa seleccionada.

Para el dimensionamiento de la tecnología alternativa se seleccionó la fusión entre dos tecnologías alternativas ampliamente usadas para el saneamiento de las aguas residuales, el Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA) y el Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA), por lo que el dimensionamiento se realizó inicialmente de manera individual en ambas tecnologías, determinándose inicialmente los siguientes criterios.

Tabla 8. Criterios iniciales para el dimensionamiento de tecnología para el saneamiento de las aguas residuales.

Criterio de dimensionamiento	
1. Determinación de población de diseño	
2. Verificación de condiciones climatológicas en la zona de proyecto	
3. Identificación de consumos domésticos per cápita	
4. Estimación de gastos de las aguas residuales generadas	Gasto medio
	Gasto mínimo
	Gasto máximo instantáneo
	Gasto máximo extraordinario
5. Determinación de parámetros del efluente	Parámetros señalados en la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Fuente: Elaboración propia a partir de Mapas (2015).

1. Determinación de la población de diseño

Para determinar la población de diseño se adoptó la metodología establecida por MAPAS (2015), la cual establece la necesidad de definir dos tipos de proyecciones poblacionales: La población actual y la población de proyecto, las cuales se establecen a partir de los datos poblacionales en fechas anteriores y actuales en la localidad definidos por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

2. Verificación de condiciones climatológicas en la zona de proyecto

Para la verificación de condiciones climatológicas en la zona de proyecto se consideró la metodología establecida por MAPAS (2015), la cual está integrada por tres pasos: a) determinar el tipo de clima en la zona de proyecto, b) confirmar el tipo

de clima a través de software especializado y c) Determinar la demanda de agua residual por persona establecidas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

El tipo de clima se determinó a partir de las coordenadas de cada uno de los puntos de la delimitación ambiental, constatándose el resultado a través del Sistema de Información Geográfica para la evaluación del Impacto ambiental (SIGEIA, 2017), posteriormente se determinó el consumo per cápita conforme al tipo de clima (Tabla 9 y Tabla 10).

Tabla 9. Gastos conforme al tipo de clima.

Tabla de Gastos	
Temperatura media anual: (°C)	Tipo de clima
Mayor que 22	Cálido
De 18 a 22	Semicálido
De 12 a 17.9	Templado
De 5 a 11.9	Semifrío
Menor que 5	Frío

Fuente: MAPAS (2015)

Tabla 10. Consumos domésticos per cápita.

Clima	Consumo por clase socioeconómica (l /hab /día)		
	Residencial	Media	Popular
Cálido	400	230	185
Semicálido	300	205	130
Templado	250	195	100

Fuente: MAPAS (2015)

Estimación de gastos de las aguas residuales generadas

Conforme a la metodología de MAPAS (2015) los gastos a estimar son: medio, mínimo, máximo instantáneo y máximo extraordinario (tabla 11). Los tres últimos se determinan a partir del primero.

Tabla 11. Tipos de gastos de aguas residuales domesticas para dimensionamiento de la tecnología apropiada.

Gastos	Simbología	Formula
Gasto afluente promedio	Qip	$Q_{MED} = AP/86400$
Gasto afluente máximo horario	Qmax-h	$Q_{MIN} = 0.5Q_{MED}$
DQO afluente promedio	SoDQO	$M = 1 + \left(\frac{14}{4 + \sqrt{P}}\right)$
DBO afluente promedio	SoDBO	$Q_{Mext} = CSQM_{inst}$

Fuente: MAPAS (2015).

Determinación de parámetros del efluente.

Para la determinación de los parámetros del efluente se consideró la tabla 12 establecida por la CONAGUA, la cual es usada para el dimensionamiento de tecnología al carecer de una caracterización de las aguas residuales (CONAGUA, 2007).

Tabla 12. Aportación típica de contaminantes de aguas residuales domésticas.

Parámetro	Aportación (g/hab.dia)
DBO	54
DQO	110
N-Total	8
Fosfatos Totales	4.6
Sólidos	
Totales	243
Totales suspendidos	52
Totales disueltos	191
1Totales Volátiles	36
Volátiles Suspendidos	59
Volátiles Disueltos	148
Totales Fijos	16
Fijos Suspendidos	132

Fuente: CONAGUA (2007).

Una vez calculados los criterios iniciales para el dimensionamiento de tecnología para el saneamiento de las aguas residuales se procedió a determinar el dimensionamiento de la tecnología alternativa de manera individual realizado en dos

sentidos a. Dimensionamiento del Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA) y b. Calculo de dimensiones del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA).

2.4.3. Cálculos de diseño del Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA)

Para el dimensionamiento del RAFA se consideró la metodología del MAPAS No. 28. (2015) establecida como una guía de diseño por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la cual consta de 23 pasos (tabla 13).

Tabla 13. Pasos a seguir en el diseño del RAFA.

Pasos	Observaciones	Ecuación utilizada
1. Datos de entrada	Gasto afluente promedio: Q_{ip}	$Q_{MED} = AP/86400$
	Gasto afluente máximo horario: Q_{max-h}	$Q_{MIN} = 0.5 Q_{MED}$
	DQO afluente promedio (S_o):	$M = 1 + \left(\frac{14}{4 + \sqrt{P}}\right)$
	DBO afluente promedio (S_o): Temperatura del agua residual:	$Q_{Mext} = CSQM_{inst}$
2. Calcular la carga de DQO en el afluente promedio (L_o)		$L_o = S_{oDQO} * Q_{prom}$
3. Seleccionar el tiempo de retención hidráulico (t)	Tabla 1 (ANEXO E)	
4. Determinar el volumen total del reactor (V)		$V = Q_{ip} * t$
5. Especificar el número de módulos del reactor (N)	Volumen a 1 500 m ³ Para sistemas pequeños, el volumen del reactor deberá ser < 500 m ³	
6. Calcular el volumen de cada módulo (V_u):		$V_u = V/N$
7. Establecer un valor para la altura del reactor (H):	Altura de 3 a 6 metros Altura de 6 metros	
8. Determinar el área de cada módulo (A):		$A = V_u/H$
9. Calcular dimensiones del área del reactor	Rectangular (largo y ancho) o circular (diámetro)	
10. Determinar la carga hidráulica volumétrica (CHV)	Tabla 2 (ANEXO E)	$CHV = Q_{ip}/V$
11. Determinar la carga orgánica volumétrica (COV)	Compararla con COV de 2 a 4 kg de DQO/m ³ d, para aguas residuales domésticas (20°C) y COV de 1.15 a 1.45 kg de DQO/m ³ d, para aguas residuales domésticas (20°C)	$COV = (Q_{ip} * S_o)/V$
12. Velocidad de flujo ascendente, para Q_{ip}		$v = Q_{ip}/At$

13. Velocidad de flujo ascendente, para Qmaxh		$v=Q_{max}/At$
14. Comparar la velocidad del flujo ascendente	Tabla 2 (ANEXO E)	
15. Sistemas de distribución del agua residual (afluente)	Tabla 4 (ANEXO G)	
16. Calcular el número de tubos de distribución del agua residual (afluente)		
17. Estimar la eficiencia de remoción de la DQO		$E_{DQO}=100*(1-0.68*t \text{ EXP } (-0.35))$
18. Estimar la eficiencia de remoción de la DBO		$E_{DBO}=100*(1-0.07*t \text{ EXP } (-0.50))$
19. Estimación de las concentraciones de DQO y DBO en el efluente final:		$C_{efl}= S_o- (E*S_o)/100$
20. Estimación de la producción del metano		
21. Estimación de la producción del biogás	(considerar un contenido de metano de 75% en el biogás)	$K(t)= \frac{P*KDQO}{((R*(273+T)) \text{ DQOCH}_4= \text{ Qip}*((S_o-C_{efl})-Y_{obs}*S_o)$
22. Calcular la producción de lodo (PI)		$Q_{CH_4}=DQO_{CH_4}/K(t)$
23. Volumen del lodo (VI)	Establecer la densidad del lodo (Y) y una concentración esperada de la descarga del lodo (C). Tabla 4 (ANEXO E)	$V_s= P_s/y*C$

Fuente: Elaboración propia a partir de MAPAS (2015)

2.4.4. Cálculos de diseño del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

Para el dimensionamiento del FAFA se aplicó la metodología señalada por MAPAS No. 29 la cual establece que para el caso de diseño de un FAFA como unidad de pos tratamiento, se calcula la carga hidráulica superficial para el gasto medio, el máximo diario y el máximo horario, verificando que los valores se encuentren en los intervalos de diseño determinado por MAPAS (2015) (ANEXO E), al igual que las cargas volumétricas respectivas. Dicha metodología consta de ocho pasos, los cuales se describen en la tabla 14.

Tabla 14. Pasos a seguir en el diseño del RAFA

Pasos	Observaciones	Ecuaciones
1. Cálculo del volumen del filtro, en m ³		$V = Q (TRH)$
2. Cálculo de la altura total del filtro, en m		H = altura del fondo + altura del empaque + bordo libre
3. Cálculo del área del filtro anaerobio, en m ²		$A = V/H$
4. Cálculo del volumen del medio filtrante, en m ³		$V_{mf} = A (Altura del empaque)$
5. Verificación de la carga hidráulica superficial.	Gasto medio, en m ³ /d Gasto máximo diario, en m ³ /d Gasto máximo horario, en m ³ /d	$CHS = Q/A$
6. Verificación de la carga orgánica volumétrica	La carga hidráulica superficial y la carga orgánica volumétrica deben estar en los intervalos señalados en el ANEXO E	$COV = Q \cdot So / V$ $COV_{mf} = Q \cdot So / V_{mf}$
7. Cálculo de la remoción del filtro anaerobio		$E = 100(1 - 0.87^{(TRH/EXP - 0.5)})$
8. Concentración de DBO esperada en el efluente		$DBO_{ef} = So((E \cdot So) / 100)$

Fuente: Elaboración propia a partir de MAPAS (2015).

2.4.5. Cálculos de diseño del Reactor híbrido unifamiliar

Para el caso del reactor híbrido unifamiliar se consideró una metodología secundaria que es producto de diversas fuentes bibliográficas (Soroa del Campo et al., 2005; Pérez y Villegas, 2004; Rodríguez et al., (s/f)). A partir del producto de la investigación realizada se definieron los siguientes pasos para el dimensionamiento del reactor híbrido unifamiliar (tabla 15).

Tabla 15. Pasos a seguir en el diseño del Reactor Híbrido Unifamiliar.

Pasos	Observaciones	Ecuación utilizada
9. Datos de entrada	Gasto afluente promedio: Q_{ip}	$Q_{MED} = AP/86400$
	Gasto afluente máximo horario: Q_{max-h}	$Q_{MIN} = 0.5 Q_{MED}$
	DQO afluente promedio (So):	$M = 1 + \left(\frac{14}{4 + \sqrt{P}}\right)$
	DBO afluente promedio (So):	$Q_{Mext} = CSQM_{inst}$
10. Calcular la carga de DQO en el afluente promedio (Lo)	Temperatura del agua residual:	$Lo = So_{DQO} \cdot Q_{prom}^*$

11. Seleccionar el tiempo de retención hidráulico (t)	Tabla 1 (ANEXO E)	
12. Determinar el volumen total del reactor (V)		$V = Q_{ip} \cdot t$
13. Especificar el número de módulos del reactor (N)	Volumen a 1 500 m ³ , para sistemas pequeños, el volumen del reactor deberá ser < 500 m ³ .	
14. Calcular el volumen de cada módulo (Vu):		$V_u = V/N$
15. Establecer un valor para la altura del reactor (H):	Altura de 3 a 6 metros Altura de 6 metros	
16. Determinar el área de cada módulo (A):		$A = V_u/H$
17. Calcular dimensiones del área del reactor	Rectangular (largo y ancho) o circular (diámetro)	
18. Determinar la carga hidráulica volumétrica (CHV)	Tabla 2 (ANEXO E)	$CHV = Q_{ip}/V$
19. Determinar la carga orgánica volumétrica (COV)	Compararla con COV de 2 a 4 kg de DQO/m ³ d para aguas residuales domésticas (20°C) y COV de 1.15 a 1.45 kg de DQO/m ³ d, para aguas residuales domésticas (20°C)	$COV = (Q_{ip} \cdot S_o)/V$
20. Velocidad de flujo ascendente, para Qip		$v = Q_{ip}/At$
21. Velocidad de flujo ascendente, para Qmaxh		$v = Q_{max}/At$
22. Comparar la velocidad del flujo ascendente	Tabla 2 (ANEXO E)	
23. Estimar la eficiencia de remoción de la DQO		$E_{DQO} = 100 \cdot (1 - 0.68 \cdot t \cdot \text{EXP}(-0.35))$
24. Estimar la eficiencia de remoción de la DBO		$E_{DBO} = 100 \cdot (1 - 0.07 \cdot t \cdot \text{EXP}(-0.50))$
25. Estimación de las concentraciones de DQO y DBO en el efluente final:		$C_{efl} = S_o \cdot (E \cdot S_o)/100$
26. Estimación de la producción del metano		
28. Estimación de la producción del biogás	(considerar un contenido de metano de 75% en el biogás)	$K(t) = P \cdot K_{DQO} / ((R \cdot (273 + T)))$ $DQO_{CH4} = Q_{ip} \cdot ((S_o - C_{efl}) - Y_{obs} \cdot S_o)$
29. Calcular la producción de lodo (PI)		$Q_{CH4} = DQO_{CH4}/K(t)$
30. Volumen del lodo (VI)	Establecer la densidad del lodo (Y) y una concentración esperada de la descarga del lodo (C)	$V_s = P_s/y \cdot C$
31. Cálculo del volumen del filtro, en m ³		$V = Q \cdot (TRH)$
32. Cálculo de la altura total del filtro, en m		H = altura del fondo + altura del

		empaque + bordo libre
33. Cálculo del área del filtro anaerobio, en m ²		$A = V/H$
34. Cálculo del volumen del medio filtrante, 35. en m ³		$V_{mf} = A$ (Altura del empaque)
36. Verificación de la carga hidráulica superficial.	Gasto medio, en m ³ /d	$CHS = Q/A$
	Gasto máximo diario, en m ³ /d	
	Gasto máximo horario, en m ³ /d	
37. Verificación de la carga orgánica volumétrica	La carga hidráulica superficial y la carga orgánica volumétrica deben estar en los intervalos presentados en el ANEXO E.	$COV = Q \cdot So / V$ $COV_{mf} = Q \cdot So / V_{mf}$
38. Cálculo de la remoción del filtro anaerobio		$E = 100(1 - 0.87^{(TRH) \cdot EXP - 0.5})$
39. Concentración de DBO esperada en el efluente		$DBO_{ef} = So((E \cdot So) / 100)$

Fuente: Elaboración propia a partir de MAPAS No. 28 y No. 29.

2.5. Cuarta etapa. Difusión de la tecnología diseñada

Para la realización de la difusión tecnológica se utilizó la metodología de Duran et al., 1993, citado en Cano, 2016, quien define que para la difusión de una tecnología se deben considerar cuatro pasos fundamentales (figura 27).

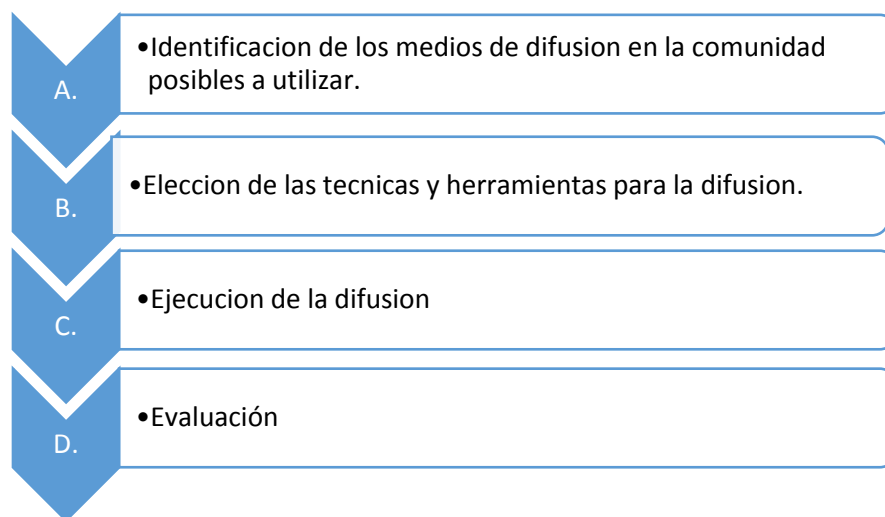


Figura 29. Pasos para el proceso de difusión tecnológica

Fuente: Elaboración propia a partir de Duran et al., 1993, citado en Cano, 2016.

2.5.1. Transferencia de la tecnología- Difusión de la tecnología

A. Identificación de los medios de difusión en la comunidad posibles a utilizar.

En este paso se realizó la identificación de medios de difusión utilizados en la comunidad de SSEO a través de pláticas informales con las autoridades municipales y con el comité de ecología con la finalidad de identificar las técnicas más utilizadas para difusión de la información en esta localidad.

B. Elección de las técnicas y herramientas para la difusión.

Para la elección de técnicas y herramientas de difusión se analizó la información obtenida de las autoridades municipales y el comité de ecología, sin embargo se complementó con la metodología señalada por Ampudia y Delgado (2011) quienes señalan los medios escritos y digitales en relación a la difusión de una información para su conocimiento general en un proceso de difusión tecnológica (tabla 16).

Tabla 16. Herramientas y técnicas usadas en la difusión de información.

Medios	Herramientas y técnicas
Medios escritos	Carteles
	Trípticos
	Manuales
Medios digitales	Uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación
	Facebook
Medios de comunicación	Radio
	Televisión.

Fuente: Elaboración propia a partir de Ampudia y Delgado, 2011.

Así mismo conforme a Henry (2013) el medio escrito es un método efectivo para la difusión de información para una comunidad, por lo que se eligió el tríptico y el cartel como forma de difusión de la tecnología diseñada.

Fragoso (2008) señala que la interacción entre usuario y una tecnología se debe realizar a través del diseño de una herramienta para presentar dicha tecnología ante un posible usuario, por lo que el aspecto visual es de gran relevancia en el desarrollo de los instrumentos, los cuales deben de contener información descriptiva de la información gráfica que se pretende difundir, considerando de gran relevancia en

su diseño incluir puntos importantes tales como; la definición, objetivo, descripción y funcionamiento de la tecnología. Conforme al número de columnas se debe cuidar la practicidad del usuario y no aburrirlo con información que no atraiga su atención.

En este sentido el tríptico (ANEXO F) fue diseñado en tres columnas, en la primera columna se señaló una definición y la importancia de su problemática de las aguas residuales, así como una descripción de la tecnología propuesta para el saneamiento del agua contaminada. En la segunda columna se estableció un esquema de la tecnología diseñada así como los materiales propios de la región con los que se puede construir. En la tercera columna se define el funcionamiento de la tecnología y los usos del agua posterior a su tratamiento.

Otra técnica elegida como herramienta de difusión fue el cartel (ANEXO G) ya que posee, sin duda, un atractivo excepcional y una buena herramienta para dar a conocer una información, el cual debe de contener dibujos diseñados con la finalidad de ser más gráfico así como información relevante de la tecnología (Fernández y Valero, 2015; Díaz y Muñoz, 2013). El cartel se diseñó con información relevante de la tecnología, incorporándose una breve explicación de la misma así como un esquema de su diseño y de su implementación en una vivienda, señalando las partes fundamentales del mismo, los materiales necesarios para la construcción y su costo.

C) Ejecución de la difusión

Los trípticos diseñados fueron entregados a 40 viviendas de la comunidad de SSEO (figura 28), el método de selección de los hogares fue el muestreo por conveniencia en donde los factores considerados fueron:

1. Aquellas viviendas las cuales se encuestaron en la fase de diagnóstico.
2. Hogares que han mostrado participación en el proyecto
3. Viviendas en donde las personas que presentaron disponibilidad e interés en la información.

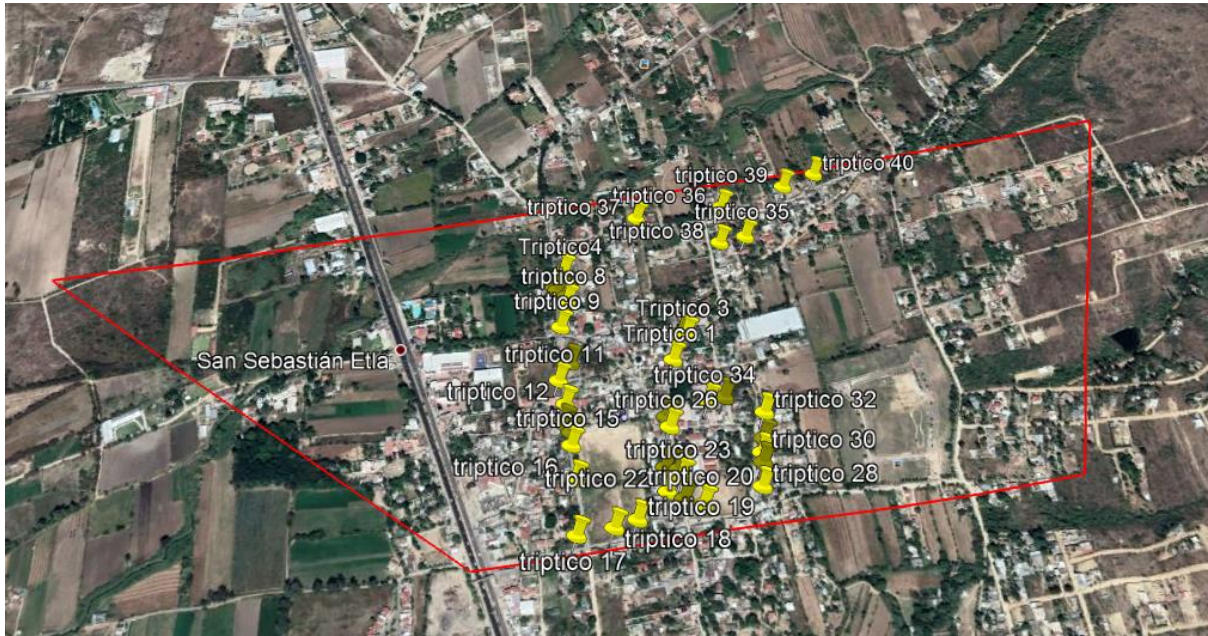


Figura 30. Mapa de entrega de trípticos en la comunidad de SSEO.
Fuente: Elaboración propia.

2.6. Quinta etapa. Evaluación del proceso del proyecto

2.6.1. Evaluación de la tecnología

La evaluación de la tecnología se realizó a través de indicadores considerando los tres aspectos del desarrollo sostenible; aspecto social, factor económico, factor ambiental y se incorporó el aspecto técnico para evaluar a la tecnología alternativa (tabla 17).

Tabla 17. Indicadores utilizados para evaluar la tecnología alternativa propuesta.

Aspecto	Indicador	Autor	Herramienta	Descripción
Ambiental	Eficiencia	Zabaleta, 2014, Ortiz et al., 2014	Comparación operacional	Comparación del tratamiento de agua teórico de la tecnología alternativa de parámetros establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996.
Económico	Costo de la tecnología	Santiago y Flores, 2009	Comparación cualitativa	Comparación de costos de la tecnología con biodigestor prefabricado y fosa séptica.
Social	Aceptación cultural	Ortiz et al., 2014	Encuesta	Porcentaje de aceptación de la tecnología alternativa propuesta

	Participación en su construcción	Ortiz et al., 2014	Encuesta	Porcentaje de la participación social en la construcción de la tecnología apropiada
Técnico	Mantenimiento	Lobo, 2005	Encuesta	Mantenimiento de la tecnología apropiada en relación al biodigestor prefabricado y fosa séptica.

Fuente: Elaboración propia a partir de autores señalados.

2.6.2. Evaluación del proceso de proyecto con indicadores de economía solidaria.

Para el segundo eje se evaluó el proceso de proyecto en el cual se consideraron a los valores solidarios identificados en todas las actividades realizadas en la comunidad (tabla 18).

Tabla 18. Indicadores sociales para evaluar el proceso de proyecto.

Aspecto	Indicador	Autor	Herramienta	Descripción
Social	Cooperación	INEC, 2008 y Sánchez, 2007	Encuesta, entrevista y pláticas informales	Percepción de cooperación de la comunidad de SSEO.
	Confianza	INEC, 2008 y Sánchez, 2007	Encuesta, entrevista y pláticas informales	Porcentaje de confianza de los pobladores.
	Participación	INEC, 2008 y Sánchez, 2007	Encuesta, entrevista y pláticas informales	Percepción de la participación de las personas en la comunidad

Fuente: Elaboración propias a partir de autores señalados

La escala para realizar la evaluación fue una escala de grados de valoración de actitudes, señalada por Echavarría (2007), basada en cuatro calificaciones: Baja, Moderada y Alta con valores de [0-33%), [33-66%) y [66-100%] respectivamente.

CAPITULO 3. RESULTADOS

3.1. Primera etapa. Diagnostico

3.1.1. Caracterización del sitio de proyecto

El sitio de proyecto se delimitó de acuerdo a lo establecido por las autoridades municipales al indicar los límites territoriales de San Sebastián Etlá, Valles Centrales, Oaxaca. A partir de la delimitación territorial se efectuó un análisis de elevaciones del terreno, tomando como referencia las mínimas elevaciones sobre el nivel del mar en los límites territoriales, con la finalidad de considerar las viviendas localizadas en la colonia ubicada al centro céntrica de la comunidad. El resultado del análisis indicó cuatro elevaciones máximas en los límites territoriales: 1- 1,645 m.s.n.m. al noreste de la comunidad; 2- 1,666 m.s.n.m. al sureste de la comunidad; 3.- 1,622 m.s.n.m. al suroeste de la comunidad y 4.- 1631 m.s.n.m. al noroeste de la comunidad. Dicho polígono formado se consideró como la zona ambiental de la zona de proyecto (figura 29).

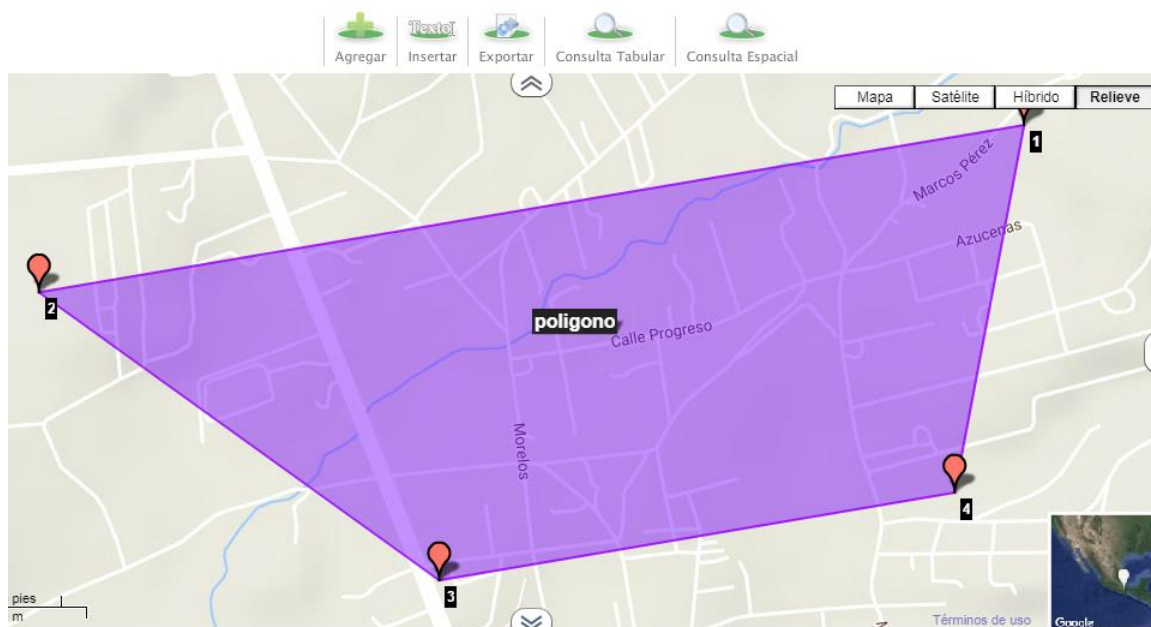


Figura 31. Delimitación del sitio de proyecto
Fuente: Elaboración propia a partir de SIGEA versión 2017.

3.1.1.1. Medio Natural

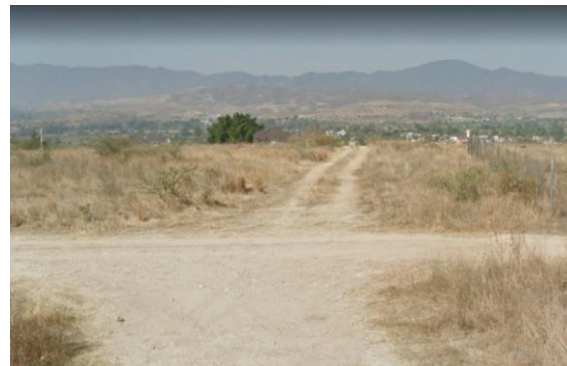
El medio natural en la comunidad de SSEO es un medio con clima de tipo templado, que se caracteriza por la prevalencia de vegetación de tipo encino, sin embargo en

la zona centro de la comunidad se aprecia poca vegetación debido a la acción de las actividades antrópicas, identificándose cambios en el uso de suelo a causa de la construcción de viviendas y otras edificaciones en la comunidad (figuras 30 y 31), sin embargo en las zonas aledañas al centro se identifican predios con prevalencia de vegetación arbustiva y forestal (figuras 32 y 33).



Figuras 32 y 33. Medio Natural de la zona centro de SSEO.

Fuente: Propia tomadas el 29-03-2018

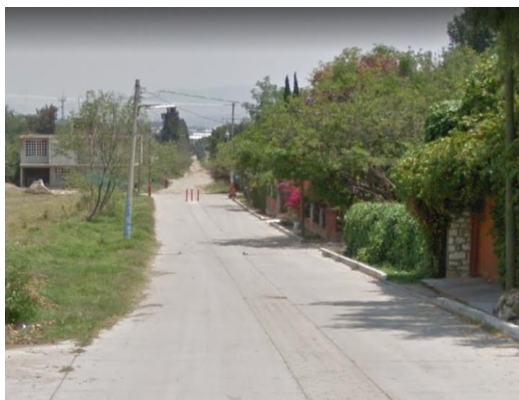


Figuras 34 y 35. Medio natural de zona aledaña al centro en SSEO.

Fuente: Propia tomadas el 01-04-2018.

Cabe señalar que durante los recorridos de campo no se identificaron especies de fauna, sin embargo este tipo de clima conforme al Plan Municipal de Desarrollo de San Pablo Etla, Oaxaca en el municipio y en sus agencias habitan especies como: Venados, conejos, liebres, armadillos, comadreja, tlacuaches, tuzas, ratas de campo, zorrillos, ardillas, tejón, pájaros brincadores, pájaro carpintero, calandrias, tordos, venturillas, gorriones gorditos, tórtolas, palomas, chogones, zanates, zopilotes, gavilán, lagartijas, culebras ratoneras, coralillos, tortugas, ranas, peces y ajolotes.

En relación al clima las temperaturas en la zona de proyecto van desde los 19 °C a los 30 °C (INEGI, 2010). La degradación paisajística del medio natural aun en esta comunidad se percibe con un valor medio, ya que se identifica vegetación forestal y arbustiva en su zona centro y en zonas aledañas (figuras 34 y 35).



Figuras 36 y 37. Degradación paisajística en SSEO.

Fuente: Propia tomadas el 05-04-2018

En cuanto a su hidrología se identificó que los cauces de los principales ríos; el Molino y el Atoyac presentan contaminación debido a que las aguas residuales generadas en la población son descargadas estos cuerpos de agua.

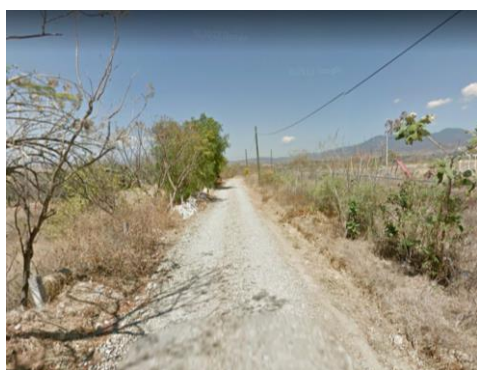
En relación a la problemática de las aguas residuales se identificó que viviendas ubicadas en la colonia centro de la población depositan sus aguas residuales al canal de riego que atraviesa la población desde la parte alta hacia aguas abajo. Lo anterior ha generado una problemática de olores por las tardes en este sector de la población, percibiéndose mayormente durante la época de calor.

Es importante señalar que aunque el INEGI (2015) señala que solamente el 2.77 % de las viviendas no cuentan con acceso de drenaje, las autoridades municipales de SSEO señalan que el 100% de los hogares no cuentan con acceso a este servicio.

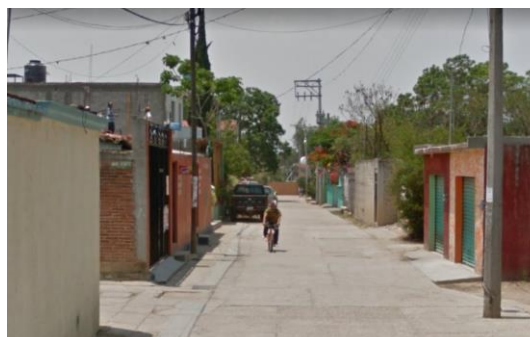
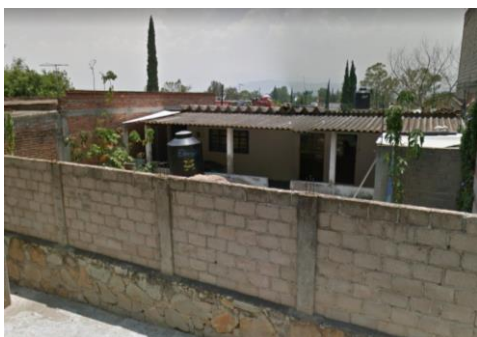
3.1.1.2. Medio Artificial

A través del diagnóstico del medio artificial se identificó que en la comunidad existen lugares de recreación (campo deportivo) y de agrupación, tal es el caso de la iglesia

de SEEO, ambos sitios se encuentran situados en la colonia centro de la comunidad, por otra parte las viviendas que prevalecen en la localidad están construidas de material de concreto, cuyos terrenos presentan áreas pequeñas en relación a la construcción y al número de habitantes en ellas. Se identificó que en su mayoría de las calles de la colonia céntrica se encuentran pavimentadas, sin embargo algunas colonias como la azucena aún carecen de pavimento en sus caminos. Es importante señalar que para diagnosticar el medio artificial además se realizaron diferentes acciones que a continuación se describen.



Figuras 38 y 39. Calles sin pavimento en la colonia la Azucena
Fuente: Propia tomada el 04-02-2018.



Figuras 40 y 41. Calles sin pavimento en la colonia la Azucena
Fuente: Propia tomada el 08-04-2018.

Los recorridos de campo en la comunidad se realizaron dentro del período febrero y marzo del 2017 con la autorización de las autoridades municipales y tuvo la finalidad de identificar problemáticas perceptibles relacionadas con el saneamiento del agua. Previamente en el mes de enero del mismo año se realizó una plática del equipo técnico del CIIDIR-Oaxaca con el agente municipal e integrantes del Comité

de Ecología, adicionalmente se recorrieron algunas zonas de la población donde estas autoridades informaron y mostraron la problemática existente de descargas de aguas residuales en algunas viviendas, del centro de la población.

Cabe señalar que los recorridos sirvieron para conocer el contexto de la comunidad, las formas de vida de los pobladores, los recursos disponibles, las medidas de mitigación empleadas en la disposición del agua contaminada, así como las tecnologías empleadas para su tratamiento. Para completar el diagnóstico del sitio a intervenir se aplicaron técnicas etnográficas⁸, como el cuestionario y las entrevistas, las cuales previamente se diseñaron y se validaron con las personas de la comunidad.

Recorridos de campo y pláticas informales con autoridades municipales

Lo anterior permitió conocer el contexto de la comunidad, las formas de vida de los pobladores, los recursos disponibles, las medidas de mitigación empleadas en la disposición del agua contaminada, así como las tecnologías empleadas por la comunidad tales como fosa séptica y biofiltro como medida de control de contaminación del agua.

Otro de los propósitos de este primer contacto con los pobladores y las autoridades de SSEO fue el identificar el capital social, particularizando en las condiciones en que se encuentra el tejido social entre las personas con las autoridades municipales. Se emplearon herramientas como las pláticas informales y entrevistas estructuradas con aquellas personas que mostraron disposición y confianza con el personal técnico durante los recorridos en las calles de la población (figura 36).

⁸ Las técnicas etnográficas corresponden a aquel conjunto de técnicas propias de un método integrativo que se puede nutrir de múltiples herramientas para la recolección (observación, encuestas y entrevistas), análisis e interpretación de datos (Pérez, 2012).



Figura 42. Recorridos de campo equipo técnico IPN-CIIDIR y autoridades SSEO
 Fuente: Propia tomada el 03-02-2016.

Tabla 19. Identificación y percepción de la problemática en SSEO.

Por parte del equipo técnico CIIDIR-IPN-Oaxaca	Descarga de aguas generadas en las viviendas en canal de riego a cielo abierto que producen malos olores y es perceptible los residuos fecales que son transportados aguas abajo de la población.
Autoridades municipales	El problema se agudiza en época de lluvia, periodo durante el cual el agua se desborda del canal afectando las calles de la población, presentando un olor más fuerte que ha originado conflictos entre los pobladores debido a esta acción realizada.

Fuente: Elaboración propia.

Durante los recorridos de campo las autoridades municipales indicaron que existen viviendas en la población que presentan problemas graves por las descargas de sus aguas residuales en las calles y en particular en los canales de riego. Se identificó el caso de la vivienda de la Familia Sosa Núñez además de otras cinco viviendas con esta problemática crítica donde se levantaron cédulas a detalle para posteriormente plantear opciones tecnológicas para resolver el problema planteado (figura 37).



Figuras 43, 44 y 45. Casa con problemática de saneamiento del agua.

Fuente: Propia tomadas el 07-03-2016.

Pláticas con las autoridades municipales

Las pláticas formales e informales con las autoridades fueron realizadas tanto en la sede municipal como en los diversos recorridos de campo, lo anterior permitió tener información primaria sobre el problema de la falta de saneamiento de las aguas residuales originadas tanto en viviendas como otros edificios públicos y de servicios, y los problemas consecuentes que han afectado la salud de las personas y otros de tipo social, ambiental y económico. De igual forma se obtuvo información sobre la percepción de las autoridades sobre la participación de los pobladores en prácticas del tequio, identificando que cada vez es menor su participación en obras de beneficio para la comunidad, así como en proyectos relacionado con el cuidado al medio ambiente, lo anterior conforme a lo expresado por un representante:

“[...] al inicio era constante la asistencia, ahora cada vez vienen menos y menos se interesan, casi casi hay que forzarlos [...]”

Por otra parte se cuestionó a las autoridades sobre como el problema de no sanear las aguas residuales ha afectado a la salud de las personas con enfermedades gastrointestinales o de otra índole, a lo que se obtuvo la siguiente respuesta:

“[...] si ha tenemos conocimiento que ha habido algunos brotes de enfermedades como cólera y hepatitis, hubiese visto cuando fue el brote de cólera [...]

Así mismo se identificaron en conjunto con las autoridades municipales viviendas con problemática crítica del saneamiento del agua, identificándose una casa en particular, la vivienda de la Familia Sosa Núñez.

Caso de la familia Sosa Núñez

La vivienda de la familia Sosa Núñez se ubica en la calle Morelos # 6 de SSEO, en ella habitan seis familias, los materiales con las que está construida la edificación son convencionales (muros de mampostería y losas de concreto armado). El sistema de tuberías de los diferentes servicios sanitarios y de las cocinas presenta mala distribución y deterioro con orificios por los cuales se originan fugas de agua contaminada con olores desagradables con las incomodidades que esto genera en los habitantes de la vivienda. Una característica particular de esta casa es que sobre el patio atraviesa un canal de riego donde las familias de las viviendas aguas arriba descargan sus desechos de agua que agrava la situación (figura 38).



Figuras 46, 47 y 48. Canal de riego con aguas residuales en la vivienda de la Familia Sosa Núñez.
Fuente: Propia tomada 07-03-2016

En la vivienda de este caso de estudio el propietario de la misma comentó las acciones realizadas para mitigar los impactos generados ante la falta de infraestructura para el saneamiento del agua, medidas que van desde la adecuación de tambos de plástico de 200 l para recolectar el agua residual de los servicios, hasta la construcción de pequeñas obras de captación de aguas grises, que posteriormente son utilizadas para la limpieza del patio de la vivienda.

Algunas de las representaciones del propietario de la vivienda, el señor Hipólito o “Polito” como lo conocen los pobladores de la comunidad, en pláticas informales sostenidas con el equipo técnico sobre su opinión de las acciones para mitigar el efecto de las aguas contaminadas generadas en su vivienda, expresó los siguientes comentarios:

“[...] yo he hablado con los renteros que hagan actividades evitando usar mucho el agua, también he instalado un tambo para recolectar el agua gris que sacan de sus viviendas, para poder usarla regando mi patio eso me dijo el comité de ecología y cuando se llena la tiro a la calle o la uso para regar mi patio (sin pavimento), también le he ayudado a mi carnal a que sus aguas vengán a descargar a mi terreno, para eso pusimos un tubo de PVC que llegue aquí (predio) y descargue su agua para aventarla al canal, no hay de otra, aunque ponerse de acuerdo con los vecinos es bien difícil luego no quieren [...]”.

Identificación del problema de residuos peligrosos

A partir de las pláticas informales y los recorridos de campo además se identificó la disposición de residuos peligrosos en los canales de riego donde descargan las aguas residuales de servicios y comercios, tal es el caso de aquellas que generan sangre o aceites de motores de combustión interna donde es necesario considerar la normatividad correspondiente (NOM-052- SEMARNAT-2005), la cual establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos) en este sentido al cuestionar a las autoridades municipales en relación a los residuos generados por el sector salud y de descarga de sangre y aceites de algunos comercios de la población expresaron los siguiente:

“[...] en el caso del centro de salud, existe un almacenamiento de los residuos generados, aunque un problema presente en la comunidad es la matanza de pollos y aquellos que cuentan con una carnicería, ya que producen elevadas concentraciones de sangre que pudiera descargar a algún alcantarillado público [...]”.

Resultados del cuestionario

El análisis de la información de este instrumento se realizó tomando en cuenta cuatro categorías: participación social, percepción de la problemática, saneamiento-tecnología y disposición a la capacitación en tecnologías para el saneamiento del

agua en la localidad. Cabe mencionar que entre los resultados más relevantes en términos de capital social se resalta el tequio.

En la tabla 20 se reportan las respuestas de las personas encuestadas sobre la pregunta relacionada con las prácticas del “tequio” en SSEO.

Tabla 20. ¿Se llevan a cabo tequios en su comunidad?

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje valido	Porcentaje acumulado
Si	31	77.5	77.5	77.5
No	9	22.5	22.5	100
Total	40	100	100	

Fuente: Elaboración propia.

Se observó que el 77.5% de los encuestados identifican al tequio como una práctica existente en la población, esto podría ser una de las estrategias con las que se podría afrontar la problemática del saneamiento del agua en SSEO a través de la participación de las personas en la construcción de una tecnología apropiada en viviendas de la comunidad, tal como lo establece Brokmann (2010) quien define a esta práctica como uno de los principales instrumentos de la solidaridad social para resolver problemas ambientales dentro de las comunidades tradicionales.

En la figura 39 se señala los motivos por los cuales las personas aún participan en los tequios.

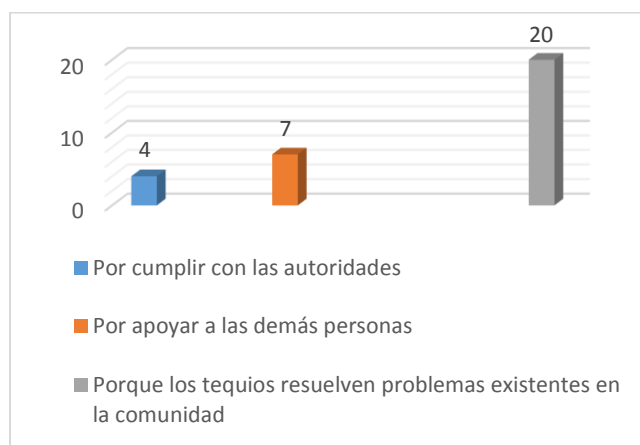


Figura 49. Motivos de las personas en relación a la práctica del tequio.

Fuente: Elaboración propia.

Se identificó que el 64.5% la considera de gran relevancia como una acción con las que se pueden resolver problemas de beneficio comunitario, un 13% de los encuestados se sienten obligados a asistir a los tequios para cumplir con las autoridades municipales. El resultado de la tabla anterior indica que la mayoría de los pobladores de SSEO aun reconocen al tequio como una práctica vinculada a la cooperación para resolver problemas de manera integral.

En la tabla 21 se indica el tipo de aportación por parte de los pobladores de SSEO en una obra comunitaria.

Tabla 21. Indicar el tipo de aportación que realizaría en una obra de beneficio social.

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje valido	Porcentaje acumulado
Monetaria	9	25.7	25.7	25.7
Guelaguetza (apoyo mutuo)	4	11.3	14	39.7
Colaborando con realizar trabajos diversos	22	63	63	100
Total	35	100	100	

Fuente: Elaboración propia.

Se determinó que el 62.8% de los encuestados señalaron que de existir una obra de beneficio comunitario, podrían apoyar con trabajo y actividades diversas, lo que indica una disponibilidad de los pobladores para realizar labores para beneficio de la comunidad.

En la figura 40 se indica la percepción de problemáticas ambientales por parte de los pobladores de SSEO.

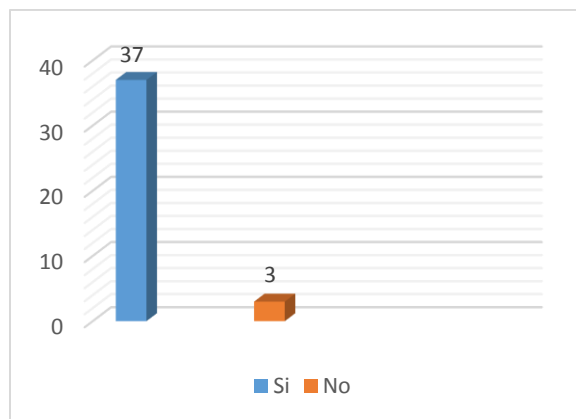


Figura 50. Percepción de problemática ambiental en la comunidad.
Fuente: Elaboración propia.

En relación con la percepción de la problemática ambiental por parte de los pobladores de la comunidad se reporta que un porcentaje en el orden del 93% reconoce que existen problemas en este rubro en la comunidad de SSEO, solo el 7% aun no reconocen tener problemas de carácter ambiental en la población.

La figura 41 muestra los resultados de la percepción de los pobladores en relación a los problemas ambientales existentes en su localidad.

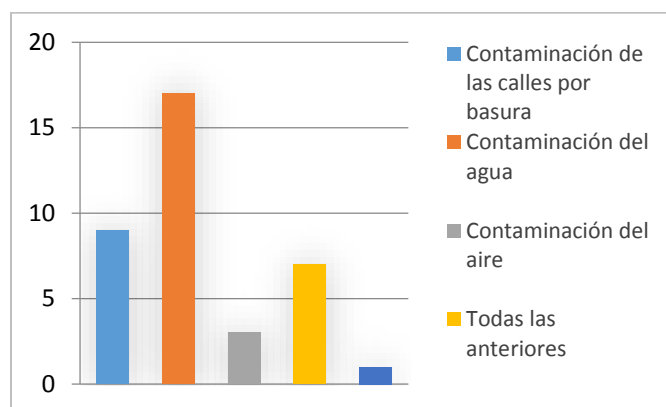


Figura 51. Percepción de los problemas ambientales en SSEO.
Fuente: Elaboración propia.

En este sentido el 45.9% de los pobladores encuestados perciben la presencia de contaminación del agua en su localidad, la segunda respuesta con un total de 24% es la contaminación de las calles por residuos sólidos urbanos, cabe señalar que la problemática ambiental menos percibida fue la contaminación del aire 8%.

En la figura 42 se indican las necesidades prioritarias en la comunidad.

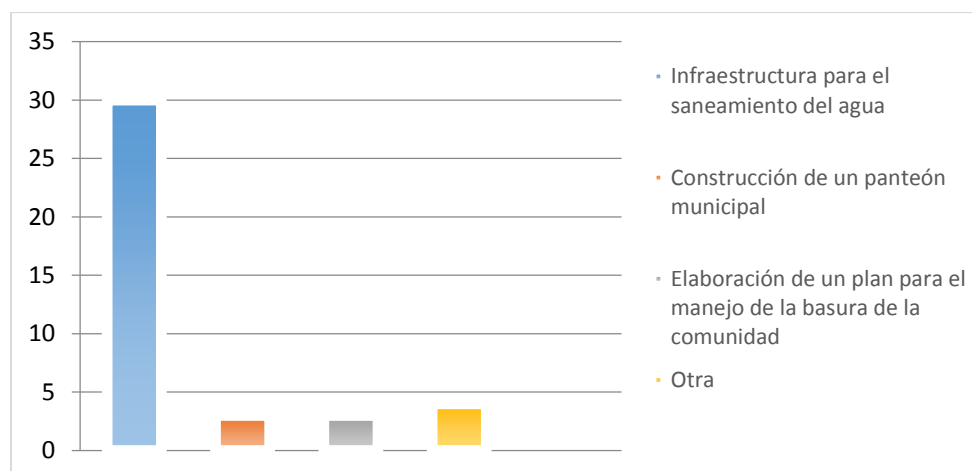


Figura 52. Priorización de necesidades en la comunidad

Fuente: Elaboración propia.

Como respuesta el 75% de la población encuestada señaló que existe la necesidad de contar con infraestructura para resolver la problemática del saneamiento del agua, y solo el 7.5% indicó es primordial establecer un plan de manejo de los residuos sólidos urbanos de la comunidad (basura), porcentaje coincidente con la construcción de un panteón municipal, lo que hace notorio que en la población una preocupación primordial es lograr un saneamiento de sus aguas residuales.

Por otra parte en la tabla 22 se muestra el motivo por el cual los pobladores de la comunidad de SSEO no realizan el saneamiento de las aguas residuales generadas en las viviendas.

Tabla 22. ¿Por qué no realiza el saneamiento de sus aguas residuales generadas?

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje valido	Porcentaje acumulado
Desconozco tecnologías existentes para el saneamiento del agua	25	62.5	62.5	62.5
Por falta de asesoría técnica en el uso de tecnologías	9	22.5	22.5	85
Por excesivo costos de las tecnologías	4	10	10	95
Por desinterés	2	5	5	100
Total		100	100	

Fuente: Elaboración propia.

En el eje temático del saneamiento y tecnología relacionada con el agua, el 62.5% de las personas encuestadas señalaron que no realizan saneamiento de sus aguas residuales generadas en sus domicilios debido al desconocimiento de tecnologías existentes para abordar esta problemática, tal como lo establece Prieto (2016) quien define que la mayor parte de las problemáticas no se atienden debido a una falta de capacitación y difusión de tecnologías sostenibles en las comunidades.

En la tabla 23 se describe el conocimiento de tecnologías para el saneamiento del agua por parte de los pobladores de la comunidad de SSEO.

Tabla 23. ¿Cuál de las siguientes tecnologías para tratamiento de aguas residuales conoce que se pueda implementar en su vivienda?

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Biofiltro	3	12	12	12
Baño seco	3	12	12	24
Humedales artificiales	0	0	0	24
Fosa Séptica	19	76	76	100
Total	25	100	100	

Fuente: Elaboración propia.

De la pregunta para conocer que tanto las personas encuestadas tenían conocimiento de las tecnologías alternativas para el tratamiento de las aguas residuales, el 76% referenció a la fosa séptica como la más conocida, en tanto que las tecnologías del baño seco y el biofiltro tuvieron menor mención del orden de un 12% y conforme a lo establecido por Ortiz et al. (2014) la apropiación de las tecnologías es un paso fundamental, ya que en caso contrario las tecnologías se abandonan, por lo que debe de realizarse especial énfasis en la participación social para que la apropiación sea efectuada.

La tabla 24 muestra la necesidad de construcción de infraestructura o tecnología para abordar el saneamiento del agua en la comunidad.

Tabla 24. ¿Considera necesaria la construcción de infraestructura para resolver el saneamiento del agua en su comunidad?

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje valido	Porcentaje acumulado
Si	40	100	100	100
No	0	0	0	
Total	40	100	100	

Fuente: Elaboración propia.

El 100% de la población encuestada indicó que es necesaria la construcción de infraestructura para resolver el problema del saneamiento del agua en la comunidad. El dato anterior permite inferir que la necesidad es apremiante y que necesita ser atendida como una obra prioritaria por parte de las autoridades municipales.

La tabla 25 refleja los resultados de la pregunta relacionada con la disposición de las personas encuestadas para capacitarse o recibir cursos de tecnologías para el saneamiento del agua.

Tabla 25. ¿Asistiría a algún curso y/o taller para capacitarse en la construcción de tecnologías para el saneamiento del agua?

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje valido	Porcentaje acumulado
Si	25	62.5	62.5	62.5
No	15	37.5	37.5	100
Total	40	100	100	

Fuente: Elaboración propia.

El 62.5% indicaron que si asistirían a algún curso o taller y de acuerdo a Galindo y Martínez (2014) es de suma importancia establecer estrategias de inclusión de las tecnologías alternativas para su apropiación y empoderamiento.

Resultados de la entrevista EN1SSEO

Los resultados se organizaron de acuerdo a los ejes temáticos establecidos; uso del agua en la vivienda, percepción del uso del agua y problemática del saneamiento del agua, percepción de las autoridades municipales “Comité de ecología”, y la

participación social en SSEO que permitieron establecer conclusiones y recomendaciones finales.

En la tabla 26 se indican las narrativas más relevantes de las personas entrevistadas en relación al primer eje temático de percepción del uso del agua y problemática de saneamiento.

Tabla 26. Percepción del uso del agua y problemática del saneamiento del agua.

Pregunta	Genero	Edad	Narrativa de los entrevistados
¿Qué cree usted que es el agua?	Mujer 1	30	[...] un líquido indispensable para todo, que no puede uno estar sin agua pues [...]
	Hombre 1	60	[...] es un líquido vital para todo ser humano, porque sin el agua no se hace nada [...]
	Mujer 3	36	[...] es algo vital para la vida, para la sobrevivencia del ser humano [...]
¿Considera que el agua utilizada, genera o puede generar un problema de contaminación ambiental?	Mujer 1	30	[...] sí, por las bacterias que se anidan en ella pues [...]
	Mujer 3	36	[...] claro que sí, de hecho en la parte de atrás de la casa nosotros tenemos un asunto de años, en san Sebastián hay una problemática que se dio a partir de las zanjas que se hicieron para regar los terrenos y esas zanjas se dejaron de usar para riego y se fueron utilizaron como desagües entonces si es un problemática bastante compleja en algunos lados de la población sé que hay esas zanjas y se están utilizando no solo para aguas grises sino que también llevas aguas negras y no era su función [...]
	Hombre 1	60	[...] si por que no madamas afecta al agua sino al ambiente por que contamina todo a su paso [...]
¿Cómo podría usted solucionar el problema del saneamiento del agua?	Mujer 1	30	[...] nosotros al menos en nuestro caso, que así hiciera toda la gente digo yo la reciclamos mucho, al menos yo la que lavamos yo la guardo en tambos o en trastes grandes y la ocupo para regar la que es de agua jabonosa, la ocupo para lavar patio baño, y para hacer aseos así y ya la que sale más limpia la ocupo para regar plantas, el problema es que luego los vecinos no limpian su agua [...]
	Mujer 3	36	[...] buscando formas de que no se tire en sí a la calle si no que se vuelva tratar o reutilizar o buscar la manera de que uno mismo vuelva a tratar el agua, aunque luego los demás no quieren hacer nada [...]
	Hombre 2	30	[...] con una planta de tratamiento o con tecnología que haga algo para usarla de nuevo [...]
¿En que utilizaría el agua producto del tratamiento?	Mujer 1	33	[...] pues para regar las plantas, limpiar la casa no tanto en el hecho de ropa y los trastes pero si en el aseo del piso [...]
	Hombre 1	60	[...] pues podemos utilizarla en riegos, forrajes [...]
	Hombre 2	30	[...] para regar mi jardín o las plantas de mi casa, si fuera posible utilizar el agua para limpiar la casa. [...]

Fuente: Elaboración propia

Se percibe que las personas identifican que aun las personas presentan una buena cultura en relación al concepto del recurso hídrico ya que definen que el agua es un líquido vital y de suma importancia el desarrollo tanto biológico como artificial.

Así mismo se identificó que los pobladores entrevistados perciben que el agua contaminada puede ser perjudicial tanto para la salud como para el medio ambiente y que su inadecuada disposición final causa impacto ambiental de carácter negativo.

En este mismo eje al cuestionar acerca de la forma de abordar la problemática existente en su comunidad de falta de saneamiento de las aguas residuales se puede identificar que aun en la comunidad se realizan acciones de mitigación para la reutilización del agua, específicamente las aguas grises que son generadas en las viviendas, así mismo identifican la necesidad de una tecnología adecuada para solucionar este problema en la comunidad.

En la tabla 27 se muestran narrativas relevantes en relación tercer eje temático de la entrevista.

Tabla 27. Percepción de las autoridades municipales “Comité de ecología”

Pregunta	Genero	Edad	Narrativas
¿Existe en su comunidad personas o grupo de personas que realicen acciones que resuelvan los problemas ambientales?	Mujer 1	30	[...]Si, el grupo de ecología ayuda con talleres [...]
	Mujer 7	54	[...] si tenemos el comité de ecología pero realmente ha ido como muy despacio porque se debe generar una nueva cultura una nueva conciencia del cuidado de las aguas del manejo, de las basura que se ha ido trabajando poco a poco pero ha habido gente que no respondemos a esa nueva medida [...]
	Hombre 2	30	[...] si el comité de ecología es quien ayuda con los problemas ambientales de la localidad ahorita están construyendo baños secos [...]

Fuente: Elaboración propia

Se logró identificar que los pobladores de la comunidad de SSEO asemejan al comité de ecología como un grupo que se empeña en resolver problemas ambientales presentes en la comunidad a través de estrategias de talleres de

sensibilización y capacitación en la construcción de diversas tecnologías promoviendo la cooperación, la confianza y la participación de los pobladores, cabe destacar que una tecnología bastante diseminada por este grupo de ecología es el baño seco como propuesta de solución a la falta de saneamiento el agua.

Resultados de la entrevista EN2SSEO

Los resultados se organizaron de acuerdo a los ejes temáticos establecidos; sensibilización en el uso y manejo racional del agua, e implementación tecnológica que permitieron establecer conclusiones y recomendaciones finales. En la tabla 28 se muestran narrativas de los entrevistados en relación a la sensibilización y manejo racional del agua en la población.

Tabla 28. Sensibilización en el uso y manejo racional del agua en la comunidad de SSEO.

Pregunta	Género	Edad	Percepción (narrativa expresada por los entrevistados)
¿Cree usted que existe la necesidad de implementar talleres de sensibilización acerca del uso del agua?	Mujer	43	[...] si es importante pero lleva mucho tiempo hacerlo y platicas ya nos han dado muchas [...]
	Mujer	61	[...] si pero la gente no asiste [...]
	Mujer	19	[...] pues igual y si [...]
	Mujer	27	[...]Yo creo que más que una plática algo para enfrentar el problema [...]
	Hombre	25	[...] platicas nos dan aquí los del comité [...]
¿Asistiría a algún taller de uso y manejo adecuado del agua?	Hombre	52	[...] no sé si sería en grupo y viendo en qué lugar sea un taller con ustedes o aquí en la agencia, aunque déjeme decirle que yo veo la forma de cuidar el agua y todo eso no? O aquí el problema son los demás que no la cuidan como no es su comunidad lo que yo quiero que toda el agua que sale de las casas la quiero en un solo lugar, y hacerle cierto tratamiento y ponerle una bomba en tiempo de secas y regar el patio lavar las banquetas porque es algo que puede servir para muchas cosas [...]
	Mujer	61	[...] si, aunque no he ido a ninguno [...]
	Mujer	19	[...] si, si es que me da tiempo [...]
	Mujer	27	[...] si aunque casi ni voy [...]
	Hombre	33	[...] si aunque el comité ya ha hecho eso y no van [...]
¿Qué porcentaje de la población estima que llegue?	Hombre	52	[...] el 5% [...]
	Mujer	43	[...] el 20% [...]
	Mujer	61	[...] el 10% [...]
	Mujer	27	[...] el 5% [...]
	Hombre	25	[...] muy pocos [...]

¿Cuál ha sido la respuesta posterior a la asistencia de la población en los cursos de sensibilización?	Hombre	52	[...] pues casi no ha habido respuestas porque no hay conciencia de la gente pero queremos que ya haya una solución a este problema [...]
	Mujer	43	[...] pues ninguna [...]
	Mujer	61	[...] que ya haya una solución nueva [...]
	Mujer	19	[...] que ya no queremos cursos lo que queremos es una solución [...]
	Hombre	33	[...] creo que se requiere de algo que ayude a sanear no solo platicas [...]
¿Cuáles son los cursos o talleres que se han promovido en la comunidad?	Hombre	52	[...] no porque no he asistido a ninguno por falta de tiempo [...]
	Mujer	43	[...] se han dado pláticas [...]
	Mujer	61	[...] se han dado pláticas sobre el saneamiento del agua [...]
	Mujer	19	[...] no he asistido a ninguno [...]
	Hombre	25	[...] creo que del medio ambiente [...]

Fuente: Elaboración propia

Con la información obtenida en la tabla 28 se identificó una baja percepción por parte de los pobladores de la comunidad de SSEO en la implementación de talleres de sensibilización acerca del uso racional del agua, ya que en su mayoría de los entrevistados consideraron que más que un taller o un curso requirieron de una tecnología que se adecue a las características de sus viviendas para abordar el problema del saneamiento del agua.

Así mismo se determinó que existe una baja participación de los pobladores en relación a los cursos o talleres implementados por las autoridades municipales (comité de ecología), identificando entre ellos un bajo índice de asistencia aunado a un bajo cambio en prácticas tradicionales de los pobladores tales como un uso irracional del agua, así como evitar la descarga de las aguas residuales en el canal de riego, por lo que esta estrategia no se consideró viable para intervenir en la comunidad.

La tabla 29 muestra algunas narrativas en relación al eje temático implementación de tecnologías en la población de SSEO.

Tabla 29. Implementación de tecnologías en la comunidad de SSEO.

Pregunta	Genero	Edad	Percepción (Narrativa expresada por los entrevistados)
¿Cuenta con fosa séptica?	Hombre	52	[...] si pero ya no sirve [...]
	Mujer	19	[...] si [...]
	Mujer	40	[...] no yo tengo uno de esos que venden en prefabricado, sirve mejor y no me da lata [...]
	Mujer	27	[...] si [...]
	Hombre	25	[...] si [...]
¿Qué ventajas visualiza en la fosa séptica?	Hombre	52	[...] ninguna [...]
	Mujer	61	[...] no funciona y opto por comprar un biodigestor y si me funciona [...]
	Mujer	19	[...] no creo que limpie el agua [...]
	Mujer	40	[...] ninguna, soluciona el problema [...]
	Hombre	25	[...] ninguna porque se tira al suelo [...]
	Hombre	33	[...] no he tenido problemas con mi fosa, aunque no reúso mi agua [...]

Fuente: Elaboración propia

En relación a la implementación de tecnologías para el saneamiento del agua en la comunidad se reconoció que existe una tecnología bastante aceptada por los pobladores que es la fosa séptica, sin embargo existe el conocimiento que la fosa séptica no sana las aguas residuales, así mismo que no permite la reutilización del efluente posterior a este proceso.

3.1.1.3. Capital social

En relación al capital social se identificaron espacios de convivencia en SSEO, tal es el caso del campo deportivo, en el que se observó que es un lugar que además de permitir la práctica del béisbol permite que las personas convivan, se integren y en general tengan una mayor cohesión e integración social.

Otro espacio de convivencia identificado es la cancha de basquetbol enfrente de la agencia municipal, en la que los jóvenes se reúnen generalmente por las tardes, agrupándose jóvenes entre un rango de los 12 años y 30 años, con la finalidad de realizar actividades deportivas y en general para convivir.

En general se percibe que en la comunidad aún se conservan prácticas de convivencia; algunas relacionadas con motivos religiosos convocadas por la Iglesia,

o bien fiestas del pueblo con una asistencia notable de personas donde se convive y se refuerzan lazos de amistad, cooperación y reciprocidad (figura 53).



Figura 53. Explanada de la SSEO, lugar donde se fomenta la cohesión social de los habitantes de SSEO.

Fuente: Propia tomada 27-10-2017.

Un aspecto relevante identificado fue que en la comunidad aún se valora el “tequio”, el cual se define como parte del capital social comunitario, ya que se caracteriza por promover la participación social, cooperación y confianza en su ejercicio (López y Baraja, 2013; Atrias y Siles, 2003). Es importante señalar que con esta práctica en la comunidad se realizan actividades diversas en beneficio de la población, tales como el mantenimiento de los espacios públicos, siendo en este sentido aprovechada en ocasiones por el comité de ecología y las autoridades municipales para promover y realizar acciones como el acopio de residuos sólidos urbanos, o el corte de la maleza en las calles de la población como se observó en la visita del 5 de febrero de 2017 por parte del equipo técnico.

Otro resultado notable del diagnóstico social en la población en cuanto a su organización es que se percibió que existe una buena comunicación entre las autoridades de la población y los representantes de calle de las colonias lo cual se traduce en una estructura organizacional efectiva para atender las demandas de las personas, lo que se observó durante los recorridos del equipo técnico con las autoridades en las calles donde los representantes de las mismas solicitaban apoyos de diversa índole entre de ellos los que tenían que ver con la seguridad.

Una de las preguntas a las autoridades municipales fue en torno a la percepción del tequio en la comunidad, a lo que el agente municipal expresó lo siguiente:

“[...] se les solicita a los pobladores llevar acciones de tequio [...] en los fines de semana, ya que todos trabajan en la semana y no se encuentran en sus viviendas, por lo que se les informa antes los días en que se llevará a cabo esta práctica [...] inicialmente la asistencia de los pobladores era mayor, nosotros participamos para promover esta práctica, aunque actualmente es cada vez menor el número de personas que asisten [...]”.

Por otra parte en cuanto a la participación de las personas en relación a la disposición para responder los cuestionarios así como las entrevistas algunos pobladores de la comunidad de SSEO expresaron lo siguiente:

“Ahorita no tengo tiempo para responder tu encuesta”, otro poblador comentó “si eres del INEGI ya no queremos más encuestas” otra opinión “ya vinieron otras instituciones educativas y lo único que hacen son pláticas pero no nos traen algo para resolver el problema, cuando traigan algo con mucho gusto respondió a las encuestas que traigan”.

A partir de los resultados de los instrumentos y herramientas de diagnóstico aplicados se elaboró la tabla resumen (tabla 30) que contiene los datos cualitativos y cuantitativos obtenidos con la finalidad de efectuar el diagnóstico en la comunidad de SSEO.

Tabla 30. Resumen de resultados del diagnóstico en la comunidad de SSEO.

HERRAMIENTAS	ACCIÓN	EJES TEMÁTICOS	RESULTADOS
Técnica	Recorridos de Campo	Identificación de rasgos relacionados con la problemática de la falta de saneamiento de las aguas residuales presente en la localidad de SSEO.	Características de los servicios sanitarios en las viviendas
			Canal de riego usado como sitio de disposición final inmediato de las aguas residuales
			Identificación de cuerpos de agua como disposición final de las aguas servidas
			Reconocimiento de tequio en la comunidad
			Existencia de espacios de convivencia en SSEO
			Conservación de prácticas de convivencia en la comunidad por acciones religiosas y
			Buena comunicación entre las autoridades de la población y los representantes de calle de las colonias
	Pláticas informales		Colonias con situación crítica de la problemática
			Cinco viviendas con estado crítico en relación con el saneamiento del agua
			Afectaciones a la salud de los pobladores por falta de infraestructura para saneamiento de agua contaminada
			Generación de residuos peligrosos generados por el sector salud con disposición final en tambos de 200 l
			Valoración de la práctica del “tequio” en la comunidad
			Apoyo a la familia cuando han tenido una pérdida familiar
			77.5% identifica al tequio como una práctica existente en la población.
Encuesta (40 personas)	Identificación del capital social presente en SSEO	64.5% considera de gran relevancia como una acción con las que se pueden resolver problemas de beneficio comunitario	
	Conocimiento de la percepción de la problemática del saneamiento del agua en la comunidad	62.8% podrían apoyar con trabajo y actividades diversas	
	Percepción de las tecnologías y su uso para solucionar el problema de falta de drenaje	45.6 % reconoce la problemática de la contaminación del agua	
	Disposición a la capacitación	75% señaló que existe la necesidad de contar con infraestructura para resolver la problemática del saneamiento del agua	
		62.5% indicaron que no realizan saneamiento de sus aguas residuales generadas en sus domicilios debido al desconocimiento de tecnologías	
		76% reconoce la fosa séptica como tecnología para sanear el agua	
		62.5% si asistirían a algún curso o taller para recibir capacitación de tecnologías para el saneamiento del agua	

Instrumentos	Entrevista clave EN1SSEO (8 personas)	Uso del agua en la vivienda de la comunidad	Se reconoce el uso de agua para lavar, cepillarse, bañarse, aseo de la casa
		Percepción del uso del agua y problemática del saneamiento del agua	Se identifica que el agua sin sanear puede causar un problema de contaminación ambiental
			Reconocen el agua como líquido vital e indispensable para realizar actividades cotidianas
			Perciben que el agua podría agotarse en un futuro
		Representaciones que tienen las autoridades municipales (Comité de ecología)	Prevalece la reutilización del el agua para riego de áreas verdes
	Participación social presente en SSEO	En su mayoría identifican al grupo de ecología para ayudar en problemas ambientales	
	Entrevista clave EN2SSEO (8 personas)	Sensibilización en el uso y manejo racional del agua	Buena disponibilidad a la participación en la implementación de un sistema para sanear las aguas residuales en su vivienda
			No reconocen como prioritario impartir talleres de sensibilización del agua en la comunidad
			Identifican que al menos 15% de la población asiste a los talleres de sensibilización
			Desconocimiento de cursos implementados en su comunidad
Implementación tecnológica		Reconocimiento de estrategias de implementación de talleres de sensibilización del agua por parte del comité	
	No identifican cambios en el uso y manejo del agua por medio de talleres y platicas		
		La mayoría cuenta con fosa séptica en su domicilio	
		Reconoce que la problemática debe ser solucionada por la población.	

Fuente: Elaboración propia

3.2. Segunda etapa. Diseño y Planificación de la intervención

Una vez realizado el diagnóstico en la comunidad de SSEO se identificaron cuatro problemáticas en la comunidad, en donde la principal problemática corresponde la falta de saneamiento de las aguas residuales debido a la carencia de una tecnología adecuada para la población. Así mismo se identificaron tres problemas de gran importancia; una baja participación de la comunidad en proyectos relacionados con el factor agua, capital social medio (cooperación, confianza y participación) y una falta de políticas públicas locales para regular la disposición inadecuada de las aguas residuales (tabla 31).

Tabla 31. Planeación de estrategias de intervención en la comunidad de SSEO.

No. de problema	Descripción	Estrategias	Valores de cambio
Problema 1	Baja participación de la población en los proyectos hídricos	1. Talleres de sensibilización 2. Talleres participativos.	Participación en proyectos hídricos por parte de la población de SSEO
Problema 2	Falta de tecnología apropiada para sanear las aguas residuales generadas en la población	Diseño conceptual de la T.A. Transferencia tecnológica de la T.A.	Cumplimiento con normatividad ambiental vigente en materia de aguas residuales Capacitación a los pobladores de la comunidad de SSEO
Problema 3	Capital social medio (cooperación, confianza y reciprocidad)	Talleres participativos	Mejorar el capital social y tejido social en la población de SSEO
Problema 4	Falta de políticas públicas locales en relación con el saneamiento del agua	Talleres participativos que involucre la diseminación de políticas públicas existentes a nivel federal, estatal y locales en materia de aguas residuales.	Cumplimiento con la normatividad federal en materia ambiental

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior la primera problemática identificada fue una baja participación de la población en proyectos hídricos, y la propuesta de solución a esta problemática fueron talleres de sensibilización y talleres de concientización y educación ambiental con la finalidad de mejorar la participación en proyectos hídricos por parte de la población de SSEO. Con relación a los resultados de la entrevista EN2SSEO se identificó que existía poca disponibilidad a la participación, algunos de los comentarios que realizaron las personas fue “más que una plática esperamos una tecnología” por lo que se procedió a continuar con la problemática 2 cuya solución incorpora el diseño conceptual de una tecnología.

Como problemática 2 se identificó una falta de tecnología apropiada para sanear las aguas residuales generadas en la población, la propuesta de solución fue realizar el diseño conceptual de la tecnología apropiada y la segunda propuesta correspondió a la transferencia tecnológica de la tecnología apropiada. La primera propuesta con la finalidad de dar cumplimiento con la normatividad ambiental vigente en materia de aguas residuales, sin embargo un reto en el diseño conceptual de esta tecnología fue diseñar una tecnología que pueda ser una solución para el saneamiento de las aguas residuales con un mínimo de área, ya que de acuerdo con las autoridades municipales establecieron que las casas son muy pequeñas y requieren de una tecnología con una área pequeña para ser incorporada en las viviendas.

Como problemática 3 se identificó un capital social medio (cooperación, confianza y reciprocidad) cuya propuesta de solución fueron los talleres participativos con la finalidad de mejorar el capital social y tejido social en la población de SSEO, aunque al identificarse una baja disponibilidad a la participación en talleres participativos y pláticas se procedió con la difusión de la tecnología ya que es una forma en que ellos se interesen por las tecnologías existentes debido a que el diagnóstico indicó una baja confianza en las tecnologías actuales para el saneamiento del agua.

Como problemática 4 se identificó una falta de políticas públicas locales en relación con el saneamiento del agua cuya propuesta de solución fueron talleres participativos que involucre la disseminación políticas públicas existentes a nivel federal, estatal y locales en materia de aguas residuales, sin embargo el proyecto requiere de mayor tiempo para implementar talleres que incidan en la falta de desconocimiento de la normativa de aguas residuales. Esta etapa puede considerarse posterior a este proyecto.

3.3. Tercera etapa. Diseño Conceptual de la tecnología alternativa

3.3.1. Selección de la tecnología apropiada.

1.- Para la selección de la tecnología apropiada se definieron cinco tecnologías para elegir el sistema de saneamiento del agua a nivel unifamiliar, dentro de los cuales se realizó una preclasificación en 1. Tecnologías alternativas que forman parte de un sistema de tratamiento de aguas residuales (biofiltro, humedales artificiales, tanque séptico y Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA)) y 2. Tecnologías alternativas que funcionan como sistema de saneamiento de las aguas residuales (baño seco).

En relación a las tecnologías que forman parte de un sistema de tratamiento de aguas residuales se identificaron cuatro tecnologías apropiadas: biofiltro, humedales artificiales, tanque séptico y el RAFA, las cuales son aquellas que han tenido una amplia aplicación y construcción tanto en zonas rurales como zonas urbanas para coadyuvar en el tratamiento de las aguas residuales generadas por las viviendas, otro sistema identificado fue el baño seco, tecnología que ha sido ampliamente utilizada en México y otros países en vías de desarrollo.

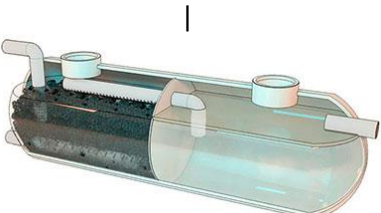
Tipo de agua residual a sanearse.

Para el diseño conceptual de la tecnología para el saneamiento del agua se propuso una tecnología a nivel unifamiliar, por lo que el tipo de agua generado es del tipo


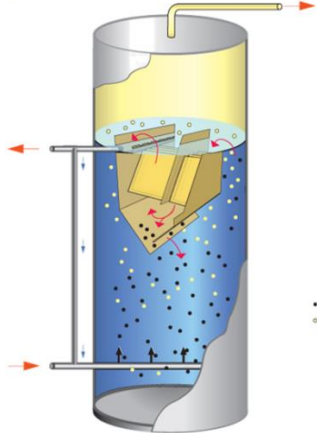
doméstico, como resultados de acuerdo al contexto del sitio se consideran las apropiadas resultando funcionamiento y difusión (tabla 32).

Como resultados conforme al contexto del sitio y las necesidades técnicas que requieren las tecnologías para abordar el saneamiento de las aguas residuales en SSEO se consideraron cinco tecnologías (biofiltro, humedales artificiales, tanque séptico, sanitario seco y RAFA) de las que se resalta el funcionamiento y la difusión de los mismos con sus variantes.

Tabla 32. Tecnologías alternativas para el sistema de saneamiento de aguas residuales.

TECNOLOGIA	DEFINICION	FUNCIONAMIENTO	DIFUSION	ESQUEMA
<p>BIOFILTRO (Rubím et al., 2015; Arango, 2004; Garzón et al., 2012; Ortiz, et al., 2014; MAPAS, 2015; Chuchón y Aybar, 2008).</p>	<p>Tecnología con la que se remueve contaminantes del agua a través de la acción de bacterias, consta de una sola operación físico y bioquímica basado en bajas tasas de filtración que forman una bicapa de bacterias sobre la superficie de un lecho, removiendo y/o reteniendo los agentes patógenos.</p>	<p>Las partículas presentes en el agua residual son retenidas por filtración, las cuales son hidrolizadas posteriormente. En este proceso los contaminantes disueltos son suprimidos por procesos de adsorción, absorción e intercambio iónico sobre la superficie de materiales orgánicos filtrantes (depositados en una cama de material orgánico) para ser posteriormente hidrolizados y biodegradados por microorganismos establecidos sobre un material de empaque. Las bacterias que actúan son: heterótrofas aerobias, quimiolitotrofas aerobias, anóxicas, anaerobias y organismos pluricelulares.</p>	<p>Se han realizado biofiltros adaptables tales como el de lecho fijo con dos humedales de flujo ascendente-descendente. Otro tipo de biofiltro para aguas residuales es el de alta eficiencia de lecho orgánico de residuos de tabachin y jacaranda. Una variante es la biojardinera, la cual está conformada por una trampa de grasas, una sección de tezontle, una sección de plantas acuáticas y una segunda sección de tezontle.</p>	 <p>Fuente: http://www.ecodena.com/filtros-biologicos-y-percoladores.html</p>

<p>HUMEDALES ARTIFICIALES (Noyola et al., 2013; Arias et al., 2003; Fenoglio 2000; citado en Romero et al., 2009; Ortiz, et al., 2014; Zurita et al, 2011).</p>	<p>Conocido comúnmente como “wetland” por su denominación en inglés, consiste en un filtro de materiales granulares en donde se desarrolla un sistema de raíces de plantas, que por lo general pertenecen al género <i>Phragmites</i> y <i>Thypha</i>. También son denominados como sistemas naturales de tratamiento de aguas residuales acuáticos</p>	<p>La estructura más común es un lecho relleno de grava y arena colocado sobre una superficie impermeable y plantas acuáticas macrófitas cuyas raíces liberan oxígeno evitando que el sedimento se vuelva anóxico. En estos sistemas la depuración del agua ocurre por la interacción entre los elementos del componente del humedal y de los fenómenos físicos, químicos y biológicos dentro del humedal, el sol como fuente principal de energía.</p>	<p>En México existen 2, 337 plantas en operación, de las cuales 211 son humedales. El estado con mayor número de humedales construidos es Yucatán en donde existen actualmente 50.</p>	 <p>Fuente: http://ecotelhado.com.co/humedal-artificial-como-funciona/</p>
<p>TANQUE SEPTICO (MAPAS, 2015; Tilley y col., 2008; Citados en lucho et al., 2015; Ortiz et a., 2014; Castillo et al., 2011; Castillo et al., 2013).</p>	<p>El tanque séptico es un depósito de uno o más compartimentos, impermeable, de escurrimiento continuo y forma rectangular o cilíndrica. Este sistema es construido para tratar aguas residuales domésticas, se implementan principalmente en áreas periurbanas o rurales que carecen de redes de drenaje para el saneamiento doméstico y en zonas urbanas donde la implementación de sistemas convencionales de alcantarillado es inviable. No son aptos para zonas de inundación y/o alto nivel freático.</p>	<p>Este sistema está diseñado para cumplir tres funciones: sedimentación, almacenamiento y digestión de sólidos. El agua residual fluye por gravedad desde la vivienda hasta el tanque. Una vez en el interior del tanque, la materia sedimentable se precipita y acumula en el fondo, mientras que la mayoría de los sólidos ligeros, permanecen en el interior, formando en la superficie del agua una capa de nata o espuma que ayuda a reducir los movimientos del fluido, además de aislarlo del aire con la finalidad de una digestión anaerobia. Una vez realizado lo anterior el agua residual entra a otro compartimento para pasar por un filtro posteriormente y ser depositados al suelo.</p>	<p>En México uno de los estados en donde se implementa el mayor número de fosas sépticas registradas es en Yucatán. Asimismo se han desarrollado sistemas sépticos prefabricados para su difusión masiva, como el generado por Sépti-K o el más conocido el “Biodigestor Autolimpiable” de ROTOPLAS.</p>	 <p>Fuente: http://blog.distribuidornacional.com/2014/</p>

<p>SANITARIOS SECOS (García et al., 2014; MAPAS, 2015; Pérez Guille, 2009; Guerrero et al, 2006; Ortiz et al., 2014)</p>	<p>Los sanitarios secos son un sistema de eliminación de excretas que no requieren del uso de agua. En estos sistemas los residuos generados pueden ser utilizados para obtener abono orgánico para el suelo. Esta tecnología se basa en el uso de dos cámaras alternas una activa (en uso) y otra en reposo donde se da lugar a los procesos de biodegradación.</p>	<p>Las heces se depositan en la cámara y la orina llega por un tubo a una fosa de infiltración. Este tubo o manguera salida del asiento y se une con la que viene del orinal para recolectar toda la orina y evitar su combinación con las heces de las cámaras. Funciona mediante la fermentación aeróbica de los residuos orgánicos; excrementos y material secante, con la finalidad de que la masa se encuentre aireada y seca. Existen compuestos que se utilizan para cubrir las heces fecales tales como el hidróxido de calcio o la ceniza o para facilitar el proceso de destrucción de los organismos que producen enfermedades (patógenos).</p>	<p>En México el CITA quien cuenta con un taller donde se fabrican tazas separadoras de orina de cerámica y cemento. Algunas empresas IEPSA y SANIMEX, han contribuido en el diseño e implementación de modelos prefabricados portátiles.</p>	 <p>Fuente: http://adnsureste.info/banos-secos-guia-para-construirlos-1100-h/</p>
<p>REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (MAPAS, 2015; .Lorenzo y Obaya, 2016; Morales et al., 2015; Méndez et al., 2013; Cervantes et al., 2011)</p>	<p>El proceso anaerobio aplicado en esta tecnología es utilizado en el tratamiento biológico de aguas residuales, así como para el tratamiento de lodos y residuos agrícolas, los compuestos orgánicos presentes en la materia a tratar son convertidos a metano, bióxido de carbono y masa microbiana principalmente.</p>	<p>El agua residual a tratar es conducida desde la parte superior del reactor hacia el fondo del mismo por medio de un sistema de tuberías. El afluente fluye en sentido ascendente a través de un manto de lodos (microorganismos anaerobios) llevándose a cabo de esta forma el tratamiento del agua residual. El biogás producido en condiciones anaerobias (principalmente metano y dióxido de carbono) genera una circulación interior (mezclado). El biogás, el lodo y el líquido</p>	<p>En México se han realizado algunos estudios relacionados con los biodigestores ya sea desde la utilización de medio de soporte para bacterias con una especie de (Opuntia imbricata) por su gran porosidad.</p>	 <p>Fuente: http://www.sirmet.gr/en/node/52</p>

		tratado ascienden a la parte superior del reactor,. El biogás es capturado en la campana de recolección que se encuentran en la parte superior del reactor. El líquido tratado (efluente) sale por la parte superior.		
--	--	---	--	--

Fuente: Elaboración propia a partir de autores señalados.

Ventajas y desventajas de tecnologías para el saneamiento del agua

Se identificaron ventajas y desventajas en relación a los aspectos ambientales, sociales, económicos y técnicos, con la finalidad de identificar aquellos que muestren mejores ventajas para la preselección de la tecnología (Tabla 33).

Tabla 33. Ventajas y desventajas de las tecnologías alternativas para el saneamiento del agua

TECNOLOGIA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	NORMATIVIDAD
BIOFILTRO (Galleo y García, 2017; MAPAS 2015; Jiménez y Villegas, 2005; Garzón et al., 2012; Sauri y Castillo, 2002; Instituto Nacional de Ecología y Cambio climático, 2015; Ortiz et al., 2014)	<ol style="list-style-type: none"> 1. En una sola unidad se puede asegurar un tratamiento completo de las aguas residuales. 2. No produce lodos residuales. 3. Su superficie es 12 veces menor que la requerida por otros sistemas. 4. Su operación y mantenimiento es mínimo comparado con sistemas convencionales. 5. Sus costos de inversión son similares o inferiores en comparación con los sistemas convencionales. Pero sus costos de operación y mantenimiento son muy inferiores a los de operación de un sistema convencional mecanizado 6. La construcción de los módulos de biofiltración es flexible. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Requieren de más terreno que un sistema mecanizado compacto como lodos activados, filtro rociador o biorreactor con membrana (MBR). 2. El material de empaque es de bajo costo, tiene como desventaja que también se biodegrada y debe de ser reemplazado por nuevo material filtrante. 3. No todos los materiales orgánicos son adecuados para ser utilizados como medio filtrante o de empaque. 4. El efluente presenta una cierta coloración que se debe a un lavado de los ácidos húmicos y fúlvicos propios del material filtrante. 5. Estos sistemas presentan un periodo inicial en el que la concentración de los ácidos húmicos es muy alta, y al ser lavados aumentan considerablemente la concentración de salida de 	<p>En relación a la normatividad aplicable no existe en México normativa que regule las características técnicas del biofiltro.</p> <p>En todo caso, la normatividad oficial mexicana aplicable corresponde a la de materia en aguas residuales, siendo en este sentido la NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996,</p>

		algunos parámetros como la DQO. Pero este periodo de lavado intensivo generalmente dura unas 3 o 4 semanas.	NOM-003-SEMARNAT-1997.
<p>HUMEDALES ARTIFICIALES (Zurita, et al., 2011; Díaz et al., 2012; MAPAS, 2015; Arias y Brix, 2003).</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Consumo mínimo o nulo de energía eléctrica. 2. Operación y mantenimiento sencillos. 3. Sin producción de malos olores cuando son bien diseñados y operados. 4. Sin generación de ruido. 5. Producen menor cantidad de lodos residuales que los biodigestores y los uasb. 6. No existe riesgo de desarrollo de moscas y mosquitos en humedales de flujo subsuperficial. 7. Eficientes resultados. 8. Menores costos de operación que otros sistemas de tratamiento 9. Amplia flexibilidad o tolerancia a variaciones de carga, tanto hidráulica (caudal), como orgánica. 10. Amables con el ambiente. 11. Soportan rangos mayores (hasta un 300 por ciento) de variación de carga orgánica e hidráulica que los sistemas electromecánicos 12. Pueden ser unipersonales, unifamiliares hasta ciudades medianas con disponibilidad de terreno. 13. Proporcionan efluentes bajos en DBO, macronutrientes (como nitrógeno, fósforo y potasio) y de microorganismos patógenos 14. Pueden utilizarse en climas fríos, templados y cálidos. 15. Son estéticos. 16. Subproductos aprovechables 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Demandan grandes áreas de terreno. 2. Incrementan los costos de inversión en áreas con terrenos costosos 3. Corren el riesgo de taponamientos. 4. En ocasiones generan malos olores. 5. En climas fríos reducen la velocidad de reducción de contaminantes. 6. La presencia de sustancias tóxicas puede afectar su eficiencia. 7. Las macrófitas del sistema puede afectarse en sitios con periodos largos de estiaje. 8. Las deficiencias de impermeabilización son difíciles de corregir. 9. Existe el riesgo de desarrollo de moscas y mosquitos en los humedales de flujo superficial 10. Se presentan pérdidas de caudal por evapotranspiración. 11. El dimensionamiento no incluye un arreglo hidráulico eficiente. 12. El proceso se limita a la profundidad de penetración de las raíces o aguas poco profundas 13. Requieren experiencia de los diseñadores para determinar el tipo de ecuación a utilizar, tipo de macrófitas, granulometría, geometría más adecuada, ubicación de estructuras de entrada y salida (reducción de flujos preferenciales y zonas muertas) 14. Demandan una buena supervisión durante la etapa de construcción. 	<p>En México no existe alguna normativa que evalúe o determine las características técnicas para para construir un humedal artificial. En algunos sistemas se han detectado problemas con las dimensiones del dispositivo, con una cubierta vegetal inadecuada o un diseño hidráulico deficiente.</p> <p>La normatividad aplicable a esta tecnología es la misma que para los biofiltros y sistemas sépticos siendo la NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997 y la NOM-004-SEMARNAT-2002.</p>

	17. Proporcionan oportunidades recreativas y educativas		
TANQUE SEPTICO (Lucho et al., 2015; Castillo et al., 2011; Ortiz et al., 2014 ;MAPAS, 2015)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Requieren de muy poco mantenimiento. 2. Presentan flexibilidad y adaptabilidad para una amplia variedad de necesidades de disposición de los desechos de cada vivienda 3. Puede tratar cualquier agua residual doméstica, como la procedente de baños y cocinas, sin riesgo de alterar su funcionamiento normal. 4. La cantidad de lodo generado durante su operación es mayor que la de los humedales. 5. Es un método simple, seguro, conveniente y satisfactorio para la disposición de aguas residuales. 5. Los desechos de orina y excretas, agua de lavado, aguas negras y cocina, se pueden introducir a la fosa séptica. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Requieren de abastecimiento de agua por tuberías 2. Son más caros que otros sistemas de tratamiento <i>in situ</i>. 3. Necesitan de un suelo con área suficiente y de naturaleza permeable, que permita la absorción del efluente. 	<p>Actualmente existe una Norma oficial Mexicana (NOM) relacionada con las fosas sépticas prefabricadas. La NOM-006-CNA-1997.</p> <p>Todas las empresas que construyen fosas sépticas deben registrarse bajo la NOM-006-CNA-1997 y cumplir con las normas de la calidad de los efluentes (NOM- 001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996, NOM-003-SEMARNAT y NOM-004-SEMARNAT-1996.</p>
SANITARIOS SECOS (Granados, 2009; Guerrero et al., 2006; y Mora, 2016)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ahorro de agua. 2. No requiere conexión a la red de drenaje. 3. Protege el ambiente. 4. Produce abono. 5. Reduce el consumo de fertilizantes químicos. 6. Es económico. 7. Es de fácil construcción. 8. Es Higiénico. 9. No se generan ni entran animales al sistema (roedores e insectos) y los olores son eliminados por el tubo de ventilación. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rechazo público. Falta de conocimiento del sistema, prejuicios, hábitos y costumbres dificultan la entrada de esta tecnología en zonas urbanas. 2. Riesgo a la salud. Un manejo inadecuado y falta de higiene puede conducir a la generación de fauna nociva (roedores e insectos). 3. Riesgo ambiental. Si las cámaras de un sanitario seco no han sido construidas adecuadamente es posible que, como en el caso de fosas sépticas, los mantos acuíferos puedan llegar a contaminarse. 	<p>En México no existe alguna normatividad aplicable que regule los baños secos. Posiblemente una normatividad aplicable es la NOM-009-CNA-2001.</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Temperaturas altas y estables todo el año. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. El comienzo del proceso es lento y requiere de un período de 8 a 12 semanas. 2. La reducción de bacterias patógenas es relativamente baja. 	<p>Actualmente existe una Norma oficial Mexicana (NOM) relacionadas los reactores anaerobios de</p>

<p>BIODIGESTORES ANAEROBIOS DE FLUJO ASCENDENTE (Crombet et al., 2016; Terreros et al., 2009; Lorenzo y Obaya 2005; Caldera et al., (2003); Méndez et al., 2013; Torres et al., 2005; Cervantes et al., 2011).</p>	<p>2. Alta eficiencia en la remoción, incluso con altas tasas de carga y bajas temperaturas</p> <p>3. Alta demanda de agua de riego, por las estaciones secas marcadas y las altas temperaturas, y uso generalizado de los sistemas de riego (tecnología común y apropiada).</p> <p>4. La producción de lodos estabilizados en exceso es mínima y fácilmente drenable hasta de 30 a 40 % y, por tanto, los costos de tratamiento del lodo y su transportación posterior son relativamente bajos.</p> <p>5. Se pueden aplicar altas cargas hidráulicas y orgánicas con eficiencias aceptables.</p> <p>6. El reactor necesita poco espacio.</p> <p>7. Los lodos anaerobios adaptados pueden mantenerse sin alimentación por largos períodos de tiempo, por lo que el proceso resulta muy adecuado para las industrias que trabajan de forma cíclica.</p> <p>8. Su construcción no es compleja y los costos de operación y mantenimiento son relativamente bajos.</p> <p>9. No requiere de ningún tipo de soporte para la retención de biomasa, ni agitación mecánica.</p> <p>10. El lodo generado tiene muy buenas características de compactación y está ya parcialmente estabilizado.</p> <p>11. El biogás producido puede en ciertos casos ser un subproducto energético valioso.</p>	<p>3. Son más sensibles a los efectos adversos de las bajas temperaturas en las tasas de reacción.</p> <p>4. Son susceptibles de perturbarse debido a sustancias tóxicas.</p> <p>5. Potencial producción de olores y gases corrosivos.</p> <p>6. Eliminación parcial de patógenos con la excepción de huevos de helmintos, que se capturan efectivamente en el lecho del lodo.</p> <p>7. Poca experiencia en la aplicación del reactor a gran escala.</p> <p>8. Como todo proceso biológico, es sensible a la temperatura del agua residual (inferior a 16 °C) y a cambios bruscos de pH fuera del intervalo de 6.5 a 7.5.</p> <p>9. El efluente procedente de la digestión anaerobia normalmente requiere de un adecuado post-tratamiento para cumplir los límites de vertido.</p> <p>10. Tecnología establecida en clima tropical, pero en vías de desarrollo a temperaturas inferiores a 20°C.</p>	<p>flujo ascendente. La única norma aplicable es la NOM-006-CNA-1997. Es necesario que se cumpla con lo establecido por la NOM- 001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996, NOM-003-SEMARNAT y NOM-004-SEMARNAT-1996.</p>
---	--	---	---

Fuente: Elaboración propia a partir de autores señalados

Eficiencias de las tecnologías

En la Tabla 34 se muestran eficiencias de las tecnologías alternativas propuestas para intervenir en la comunidad de SSEO, cabe señalar que los parámetros se encuentran establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996. Los resultados son producto de la caracterización realizada por diferentes autores, quienes evaluaron cada una de las tecnologías de manera individual.

Tabla 34. Eficiencias de remoción de contaminantes de las tecnologías alternativas para el saneamiento del agua.

TECNOLOGIA	REFERENCIA	VARIANTE	EFICIENCIA REMOCION (%)						
			SST	DBO5	DQO	N	P	COLIF . TOT.	HELM.
BIOFILTRO	Garzón et al 2012	Filtro de materiales de astillas de madera y corteza de confieras	95	99	90	80	-	-	-
		Fosa séptica + biofiltro	99	96	99	90	28	-	-
HUMEDAL	Hernández et al 2015	Fujo subsuperficial Especie <i>Stipa ichu</i>	-	99.55	94.15	91.80	3	-	-
	Caicedo, 2005	Laguna anaerobia + humedal	90	85		42.5	47.5	-	-
	Pérez et al., 2013	Fosa séptica + humedal	73	91	72	-	75	-	-
	MAPAS, 2015	Convencional	79	50	78	-	-	-	-
TANQUE SEPTICO	Batalha, 1989 citado en Rodríguez et al., 2015	Fosa séptica rectangular	60	51	30	<10	<10	<60	-
	Bitton, 2005, citado en lucho et al., 2015.	Fosa séptica rectangular	55.5	57		-	42.5	45.5	-
	Mejía, 2016 tesis	Biodigestor	65	44.6	-21	-	-	30	-
UASB	Méndez et al., 2012	S.V.			72	-	-	-	-
	Caicedo, 2006	S.V.		87	80	-	-	-	-
	Torres, 2000, citado en Rodríguez et al., 2015	S.V.	70	65	-	17.5	15	75	-

	Osorio et al ., 2007	S.V.	95.1	97.4	96.1	-	-	-	-
	MAPAS, 2015	S.V.	80	80	67	-	-	-	-
FAFA	Parra, 2006	S.V.		35	45	-	-	-	-
	Cárdenas y Ramos, 2008	S.V.	61	36	72	-	-	20	-
	Osorio y Vásquez, 2007	S.V.	66	65	64	-	-	-	-
	Galindo et al 2016	S.V.	-	-	-	-	-	48.16	-
	Garzón et al., 2012	S.V.	96	99	-	96	99	-	-
	Gómez y Álvarez, 2008	S.V.	42	40	70	-	-	-	-

S.V.: Tecnología sin variante

Fuente: Elaboración propia

Selección de la tecnología conforme a indicadores

De acuerdo a la evaluación de los indicadores señalados en la metodología de la presente tesis, los resultados se muestran en la tabla 35.

Tabla 35. Proceso de preselección de la tecnología apropiada para implementarse en el proyecto.

ECOTECNIA	REQUIERE ENERGIA	GENERA RESIDUOS	COSTOS DE CONSTRUCCION OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	PERMITE PARTICIPACION SOCIAL	ACEPTACION CULTURAL	NORMATIVIDAD
BIOFILTRO	NULO	MEDIO BAJO	MEDIO	ALTO	MEDIO BAJO	NO EXISTE
WETLANDS	NULO	MEDIO BAJO	ALTO	MEDIO ALTO	MEDIO BAJO	NO EXISTE

TANQUE SEPTICO	NULO	MEDIO	ALTO	BAJO	MEDIO BAJO	EXISTE
BIODIGESTOR	NULO	MEDIO	MEDIO ALTO	MEDIO ALTO	BAJO	EXISTE

Elaboracion propia a partir de Rodriguez, et al., 2015 y Ortiz et al., 2014.

Con respecto a la tecnología para proponerla como alternativa viable e incidir en el problema de saneamiento del agua en SSEO, se identificaron cinco tecnologías alternativas; biofiltros, humedales artificiales (wetland), tanque séptico, sanitarios secos y el RAFA (Ortiz, Maserá y Fuentes, 2014; Noyola et al., 2013). Es importante señalar que los humedales muestran una buena opción para ser implementadas en las viviendas, aunque es una tecnología que requiere de área considerable para su implementación en el tratamiento de las aguas residuales, por lo que para el caso de SSEO no se considera una posibilidad factible.

En relación a la fosa séptica, es un sistema con el que la mayoría de los pobladores de SSEO cuentan, aunque su eficiencia es demasiado baja para el saneamiento del agua, por lo que no se considera una opción viable para el saneamiento de las aguas residuales.

Las dos tecnologías preseleccionadas fueron el biofiltro y el Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA), ya que ambas tecnologías requieren de espacio mínimo para su construcción, sus costos son bajos, promueven la participación y definen buena eficiencia para el saneamiento del agua, sin embargo el término de biofiltro se ha adoptado mayormente para el saneamiento de las aguas grises, por lo que no se considera una opción factible ya que se requiere de saneamiento de las aguas residuales de origen doméstico (aguas negras y aguas grises).

3.3.2. Calculo de parámetros de diseño

Determinación de la población de diseño.

De acuerdo al diagnóstico realizado se identificó que para el año 2005 existían 1,363 habitantes distribuidos en un total de 329 viviendas (INEGI, 2010) y para el año 2010 la población incremento a un total de 1984 habitantes en un total de 543 viviendas.

A partir de lo anterior se estimó una población mediante los datos obtenidos del INEGI, en estos periodos, para el año 2005 se estima una población de 4 habitantes por vivienda y en el año 2010 se estima una población de 3.65 habitantes. Aunque para fines de diseño se estima una población final de 10 habitantes.

Determinación de demanda de agua residual

La determinación de la temperatura Se muestra en la figura 44 observándose que el clima es del tipo semiárido con una temperatura media anual de 18 °C y en el mes más frío menor a los 18 °C, sin embargo al contrastar con los datos establecidos por el INEGI (2015) la temperatura menor corresponde a los 16 °C.

TEMA: Climas									
Información sobre Climas			Información sobre los componentes georreferenciados y su incidencia en Climas						
Temperatura	Precipitación	Agrupación/Temp. (DGIRA)	Clave climatológica	Superficie del polígono de clima (Ha)	Proyecto	Componente	Descripción	Superficie de la geometría (m2)	Sup. de incidencia proyecto polígono tema (m2)
Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.	Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2, y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.	Semicálido	(A)C(wo)	421558.83	Proyecto	OBRA	polígono	961211.423813515	961211.4

Figura 54. Clima y temperatura presente en la zona de proyecto.
Fuente: SIGEIA (2017).

Una vez obtenidos los datos de la temperatura media de la población se definió para este tipo de clima conforme a lo establecido por MAPAS (2015) un gasto promedio de 130 litros por habitante por día.

A partir del dato anterior se determinaron los gastos: medio, mínimo, máximo instantáneo y máximo extraordinario (tabla 36).

Tabla 36. Resumen de los gastos de caudales de aguas residuales.

Gasto	Ecuación	Resultado (l/s)
Gasto mínimo	$Q_{MIN} = 0.5 Q_{MED}$	0.007523
Gato medio	$Q_{MED} = AP/86400$	0.015046
Gasto máximo instantáneo	$M = 1 + \left(\frac{14}{4 + \sqrt{P}}\right) *$	0.057176
Gasto máximo extraordinario	$Q_{Mext} = CSQM_{inst}$	0.057176

*El valor del coeficiente M se aplica considerando que en tramos con una población acumulada menor a los 1 000 habitantes, el coeficiente M es constante e igual a 3.8

** CS: Coeficiente de seguridad. En caso de que el alcantarillado sanitario sea separado del alcantarillado pluvial, el coeficiente de seguridad es igual a uno.

Determinación de parámetros del efluente

En el caso de la concentración de parámetros contenidos en las aguas residuales en una vivienda típica de SSEO, usadas para el diseño de la tecnología apropiada se resumen en la tabla 37.

Tabla 37. Concentración teórica de contaminantes de las aguas residuales en una vivienda de SSEO.

Parámetro	Aportación (g/día)	Aportación mg/l
DBO	540	415.38
DQO	1100	846.15
N-Total	80	61.54
Fosfatos Totales	46	35.38
Sólidos:		
Totales	2430	1869.23
Totales Suspendidos	520	400
Totales Disueltos	1910	1469.23
Totales Vol.	360	276.92
Volátiles Suspendidos	590	453.85
Volátiles Disueltos	1480	1138.46
Totales Fijos	160	123.08
Fijos Suspendidos	1320	1015.38

Fuente: Elaboración propia a partir de CONAGUA, 2007.

3.3.3. Dimensionamiento del Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA)

Conforme a lo establecido en la metodología se presentan los resultados de dimensionamiento del Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA) (tablas 38 y 39) a partir de los cálculos relación a las ecuaciones correspondientes mostradas en la metodología.

Tabla 38. Parámetros de diseño para RAFA.

PARAMETROS DE DISEÑO RAFA				
	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Gasto afluente promedio: Qip	1.299456	m3/d	0.054144	m3/h
Gasto afluente máximo horario: Qmax-h	1.3704	m3/d	0.0571	m3/h
DQO afluente promedio: So	846.153846	g/m3	0.846153846	Kg/m3
DBO afluente promedio:	415.384615	g/m3	0.415384615	Kg/m3
Temperatura del agua residual	19.5	°C		
Coeficiente del rendimiento de solidos: Y	0.18	KgSST/ KgDQO app		
Coeficiente del rendimiento de sólidos en términos de DQO: Yobs	0.21	KgDQOI odo/Kg DQOap p	Obtenidos de la Tabla 4 (ANEXO E)	
Concentración esperada de la descarga del lodo: C	4	%		
Densidad del lodo: y	1020	Kg/m3		

Fuente: Elaboración propia a partir de MAPAS, 2015.

Tabla 39. Resultados de dimensionamiento del RAFA.

PARAMETRO	VALOR	UNIDADES
Carga de DQO aplicada: Lo	1.09953969	Kg de DQO/d
Tiempo de retención hidráulica: t	6	horas
Volumen total del reactor: V	0.324864	m ³
Numero de módulos del reactor: N	1	
Volumen de cada módulo: Vu	0.324864	m3
Altura del reactor: H	3	m
Área de cada módulo: A	0.108288	m2
Dimensión del área del reactor		
Eficiencia de remoción de DQO estimada	67.15	%
Eficiencia de remoción de DBO estimada	75	%

Concentraciones (estimadas) de DQO y DBO en el efluente final		
DQO EFLUENTE	308	DQO/l
DBO EFLUENTE	118.8	DBO/l
Producción estimada de metano	0.17567013	m ³ /d
Producción estimada de biogás	0.25095733	m ³ /d
Aberturas del sedimentador		
Largo	0.45	M
Ancho	0.23	M
Compartimientos del sedimentador		
Largo	0.45	M
Ancho	0.2	M
Producción de lodo: PI	0.19791714	Kg de SST/d
Volumen del lodo: VI	0.00485091	m ³ /d

Fuente: Elaboración propia a partir de MAPAS (2015)

3.3.4. Dimensionamiento del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

Para el diseño del filtro anaerobio de flujo ascendente se tomaron en cuenta inicialmente datos de afluente del agua residual (tabla 40), y el dimensionamiento del FAFA se muestra en la tabla 41.

Tabla 40. Datos para el diseño del FAFA.

PARAMETROS DE DISEÑO FAFA POSTRATAMIENTO				
	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Gasto promedio del afluente: Q	1.3	m ³ /d	0.054166667	m ³ /h
Gasto máximo diario del afluente: Q _{max-d}	1.3704	m ³ /d	0.0571	m ³ /h
Gasto máximo horario del afluente: Q _{max-h}	1.372222222	m ³ /d	0.057175926	m ³ /h
DBO media en el efluente del filtro: S _o filtro	118.8	mg/l	0.1188	Kg _{DBO} /m ³
Tiempo de residencia hidráulica en el filtro: TRH	6	horas		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41. Resultados del dimensionamiento del FAFA.

RESULTADOS		
Población	10	hab
Gasto promedio del afluente	1.3	m ³ /d
Gasto máximo diario del afluente	1.3704	m ³ /d
Gasto máximo horario del afluente	1.372222222	m ³ /d
DBO media	118.8	mg/l
Tiempo de residencia hidráulico en el filtro	6	Horas
Volumen del filtro	0.325	m ³
Altura del filtro		
Distancia libre en el fondo	0	m
Altura del medio de empaque	1.5	m
Bordo libre	0	m
Área del filtro anaerobio	0.216666667	m ²
volumen del medio filtrante	0.325	m ³
Verificación de la carga hidráulica superficial		
Carga orgánica en el filtro	0.4752	Kg DBO/m ³ .d
Carga orgánica en el medio filtrante	0.4752	Kg DBO/m ³ .d
Ancho del filtro	0.465474668	m
Estimación de la eficiencia del filtro	67.11	%
Estimación de la DBO del efluente	42.19776	mg de DBO/l
Estimación de la eficiencia del filtro	60	%
Estimación de la DQO del efluente	123.2	mg de DQO/l

Fuente: Elaboración propia a partir de MAPAS (2015).

3.3.5. Dimensionamiento del Reactor híbrido unifamiliar (RHU)

A partir de los dimensionamientos del Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA) y el Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente se propone una fusión de ambas tecnologías para el diseño del Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU), el cual con los resultados de ambas tecnologías independientes se calcularon los datos de dimensionamiento del Reactor Híbrido Unifamiliar (Tabla 39).

Tabla 42. Resultados de dimensionamiento del Reactor Híbrido Unifamiliar.

REACTOR HIBRIDO UNIFAMILIAR (UASB + FAFA)		
Carga de DQO aplicada: Lo	1.099539692	Kg de DQO/d
Tiempo de retención hidráulica: t	6	horas
Volumen total del reactor: V	0.324864	m ³
Numero de módulos del reactor: N	1	
Volumen del módulo: Vu	0.324864	m ³
Altura del reactor: H	3	m
Diámetro RAFA	0.216576	m
Altura de RAFA	1.5	m
Carga Hidráulica volumétrica: CHV	4	m ³ /m ³ *d
Carga Orgánica volumétrica: COV	3.384615385	Kg de DQO/ m ³ *d
Velocidad de flujo ascendente para Qip	0.5	m/hora
Velocidad de flujo ascendente para Qmax-h	0.527297577	m/hora
Producción estimada de metano	0.175670129	m ³ /d
Producción estimada de biogás	0.250957327	m ³ /d
Diámetro	0.216576	m
altura	3.0	m
Altura del medio de empaque	1.5	m
Área del filtro anaerobio	0.216666667	m ²
volumen del medio filtrante	0.325	m ³
Diámetro del Filtro	0.507827	m
Carga orgánica en el filtro	0.4752	Kg DBO/m ³ .d
Carga orgánica en el medio filtrante	0.4752	Kg DBO/m ³ .d
Lodos generados		
Producción de lodo: PI	0.197917145	Kg de SST/d
Volumen del lodo: VI	0.00485091	m ³ /d
Volumen del lodo: VI	0.00485091	m ³ /d
Eficiencias de remoción		
Producción estimada de metano	0.175670129	m ³ /d
Producción estimada de biogás	0.250957327	m ³ /d
Eficiencias de remoción		
DQO efluente	308	DQO/l
DBO efluente	76.61	DBO/l

Fuente: Elaboración propia.

En relación al cálculo del Reactor de dos fases, las dimensiones utilizadas para este caso son rectangulares, sin embargo se transformó a dimensiones circulares debido a la mayor facilidad de construcción de la misma.

En la figura 45 se presenta el reactor híbrido unifamiliar (RHU), el cual está formado por dos fases el RAFA y el FAFA.

Como fase de presideño de la tecnología se realizó un esquema con los resultados obtenidos en la tabla 42, sin embargo posterior a este diseño se realizó el proceso de selección de materiales para que se caracterice como una tecnología alternativa. La tecnología está formada por dos tecnologías incorporadas, el RAFA en la parte inferior y el FAFA en la parte superior, ambos presentan buenas eficiencias individualmente para la disminución de materia orgánica y parámetros establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996,

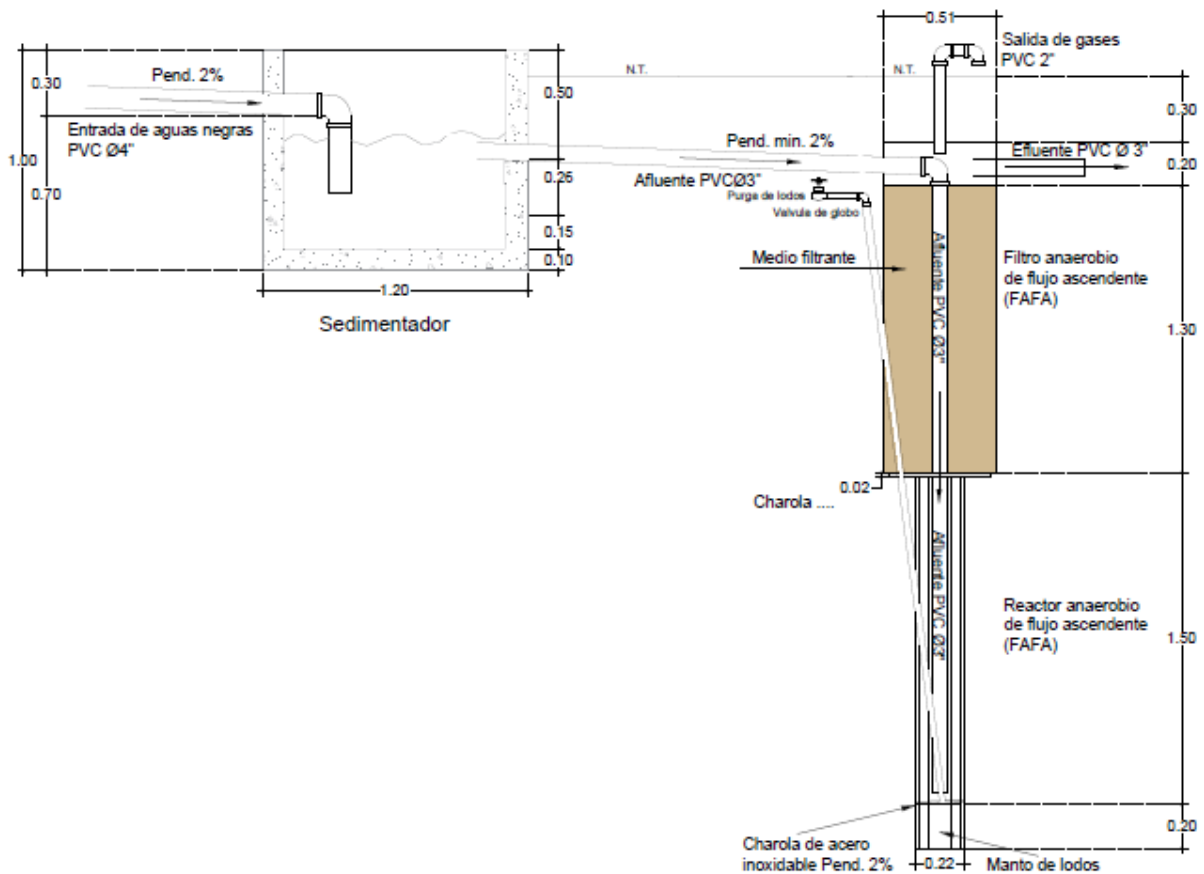


Figura 55. Elaboración del esquema del Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU).

Fuente: Elaboración propia a partir de AUTOCAD, 2014.

Materiales apropiados:

Para coincidir con lo establecido como tecnología alternativa se seleccionaron materiales de la región y que tuvieran fácil acceso los pobladores de SSEO, por lo

que los contenedores se proponen de tambos de 200 litros de capacidad como contenedor, la tubería para la conducción del agua será de PVC sanitario así como los codos para conexión interna del Reactor Híbrido Unifamiliar debido a su resistencia al agua residual y por su fácil acceso de compra. El filtro estará formado de PVC de 3-5 cm de largo y 1 "de diámetro debido a su resistencia y a la nula degradación al contacto con el agua, lo que se traduce en un filtro que no deberá de ser cambiado únicamente limpiado mediante ingreso de agua limpia. Se utilizará la malla de gallinero de 19 mm y el pegamento de PVC hidráulico tipo contac 222 de 1/8 de litro para juntar los tambos y evitar fugas, de igual forma estos últimos materiales son económicos de fácil acceso en ferreterías comerciales. A partir de lo anterior se realizó el esquema del Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU) con materiales de la región (figura 46).

Operación del sistema:

El afluente de las aguas residuales ingresará por la parte superior en una tubería de 3" con una pendiente de 2 % con la finalidad de que el agua fluya por gravedad y descienda hasta los 3 metros considerados como la altura efectiva del reactor híbrido unifamiliar, una vez llegando a la parte más baja del reactor, el agua ascenderá a una velocidad definida en la tabla 42, posteriormente en una altura posterior a 1.50 m tendrá contacto con un filtro formado por anillos de PVC de 1" de diámetro y de 3-5 cm de largo, colocados en una altura total de 1.30 m, con la finalidad de que la materia orgánica sea biodegradada por los microorganismos que formen la biopelícula en el sistema filtrante, la salida del agua será en la parte superior del Reactor Híbrido Unifamiliar, el cual podrá ser usado para descarga en el suelo o en áreas verdes. Cabe señalar que el vaciado de los lodos se pretende realizar a través de una tubería conectada al fondo del tanque, para que por la misma presión del agua obligue a los lodos a salir, dicho efluente será controlado por una válvula de globo de plástico. Así mismo los gases de metano que se generen en el reactor a una tasa definida en la tabla 42 serán retirados del reactor a través de una campana de gases de 2", con la finalidad de que no se concentren en el interior de la tecnología.

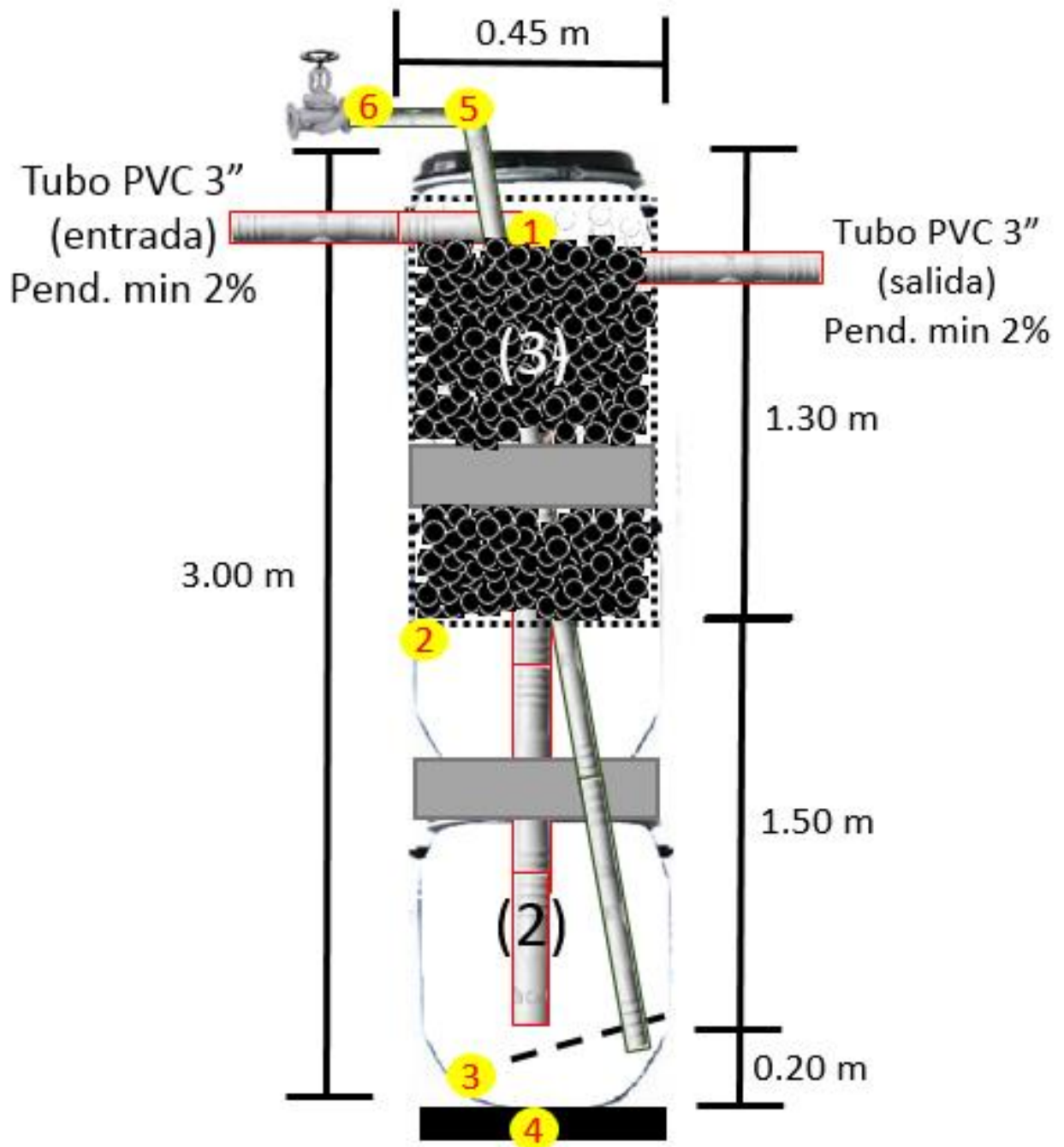


Figura 56. Reactor Híbrido Unifamiliar como tecnología apropiada.
Fuente: Elaboración propia.

3.4. Cuarta Etapa. Difusión

En relación a la etapa de difusión se identificaron los medios de difusión usados para transmitir alguna información, en donde el perifoneo es el principal medio usado para informar a la población de algún acontecimiento, otro medio es el uso de las tecnologías de la información para hacer llegar información a los jóvenes de la población a través del uso de la redes sociales (Facebook), en cuanto a los medios escritos en la comunidad aún prevalece el uso de carteles, manuales y trípticos. A partir de lo anterior se eligieron dos herramientas para realizar la difusión de la información, cartel y tríptico.

Diseño del tríptico

El tríptico se diseñó conforme a lo establecido por Frogoso (2008), en cuyo contenido se encuentra la definición, diseño y funcionamiento de la tecnología, lo anterior organizado en tres columnas (figura 47).

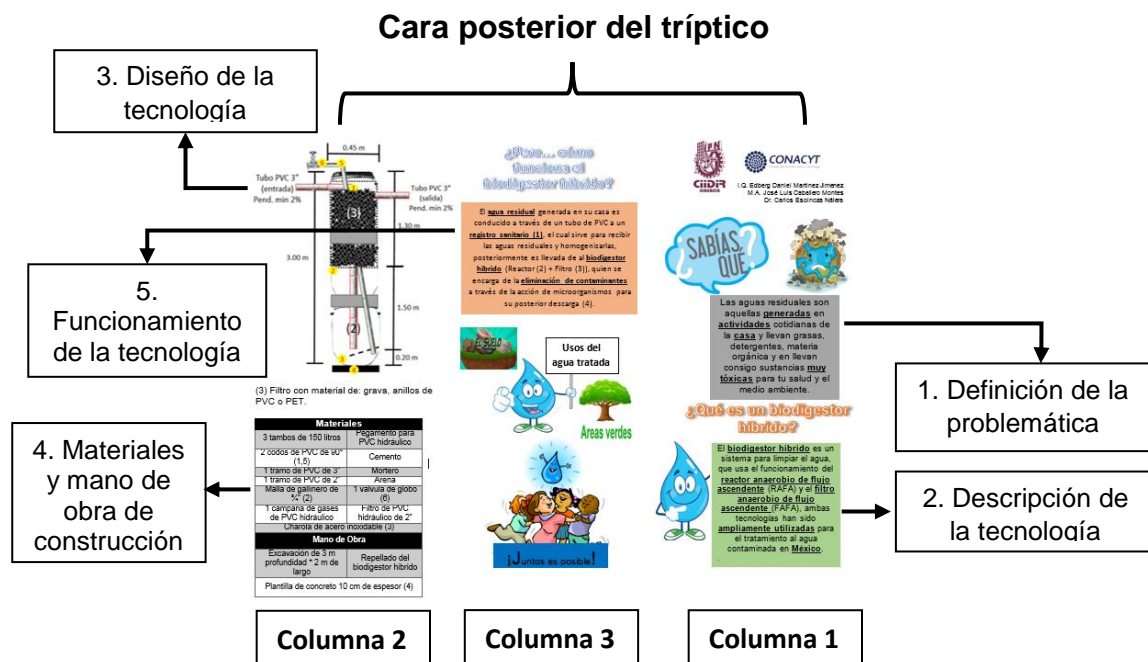


Figura 57. Cara posterior del tríptico.
Fuente: Elaboración propia a partir de Frogoso (2008).

En la cara posterior del tríptico se consideró información en cinco ejes temáticos: 1. Definición de la problemática, 2. Descripción de la tecnología, 3. Diseño de la

tecnología, 4. Materiales y mano de obra de construcción y 5. Funcionamiento de la tecnología.

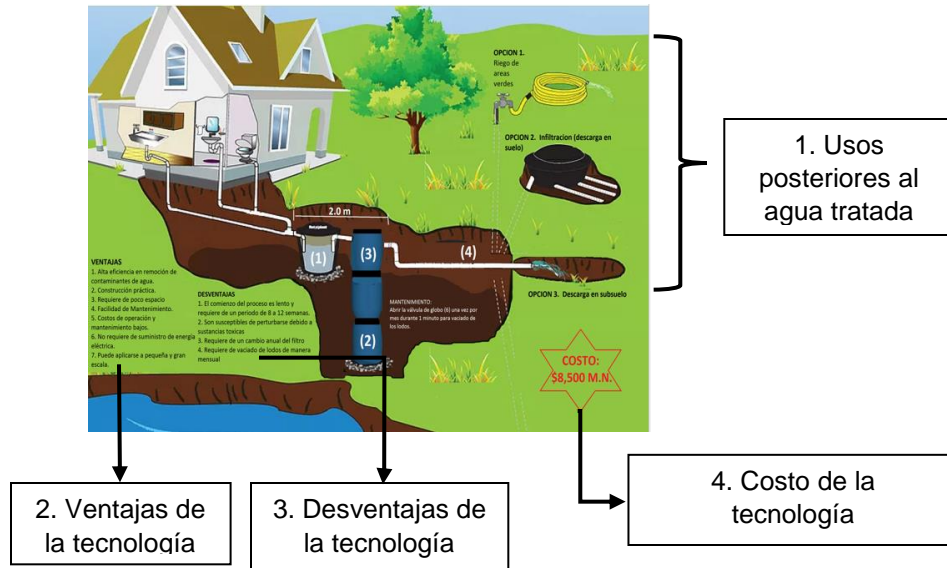
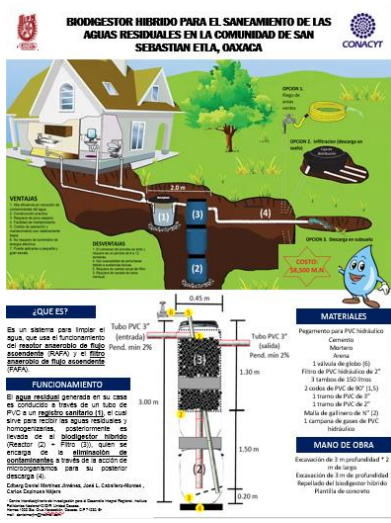


Figura 58. Cara interior del tríptico.
Fuente: Elaboración propia a partir de Frogoso (2008).

Por otra parte en la cara interior del tríptico se consideraron cuatro ejes temáticos: 1. Usos posteriores al agua tratada, 2. Ventajas de la tecnología, 3. Desventajas de la tecnología y 4. Costo de la tecnología (figura 48).

Diseño del cartel

El cartel fue diseñado en dos sentidos, el primero mediante un diseño de la tecnología ya construida y el segundo que contiene la información general de la tecnología, mostrando la información más relevante e incorporando una breve explicación de la propuesta y esquemas de la misma para su mejor difusión (figura 49).



Esquema de la tecnología apropiada construida

Información general de la tecnología apropiada

Figura 59. Diseño del cartel.

Fuente: Elaboración propia a partir de Fernández y Valero (2015) y Díaz y Muñoz (2013).

Los trípticos diseñados fueron entregados a la muestra poblacional de la comunidad de SSEO (figuras 50, 51, 52 Y 53).





Figuras 60, 61, 62 y 63. Entrega de trípticos a la comunidad.
Fuente: Propia tomadas 07-04-2018.

El cartel fue colocado en una zona concurrida de la comunidad de SSEO para lograr un mejor acercamiento de la comunidad interesada de esta información, el lugar seleccionado fue frente a la agencia municipal a un costado de la iglesia (figura 55 Y 56), ya que esta zona es bastante transitada durante los fines de semana.



Figuras 64 y 65. Colocación del cartel en SSEO.
Fuente: Propia tomadas 22-04-2018.

Cabe señalar que el proceso de difusión en la comunidad fue bien aceptado, debido a los comentarios realizadas por las personas a quienes se entregaban trípticos de la tecnología, uno de los pobladores expresó:

“[...] ya vi el tríptico y la verdad viene el dibujo muy bien, ahorita ya lo están leyendo mis hijos que vinieron a visitarme de la ciudad [...]”

Otro poblador comentó:

“[...] Fijese que me gusto el dibujo, se da uno la idea de que es y para que lo traen a la comunidad [...]”

Por otra parte se reportan los resultados obtenidos en la encuesta con clave ESSEO en relación al eje temático de material didáctico (tabla 43).

Tabla 43. Resultados de encuesta SSEO con eje temático material didáctico.

Pregunta	Respuestas	Frecuencia	Porcentaje (%)
¿La información del tríptico fue fácil de entender?	Si	37	92.5
	No	3	7.5
¿Cómo considera que es el tipo de lenguaje usado en el tríptico?	Sencillo	25	62.5
	Técnico	6	15
	Ni tan sencillo ni tan técnico	9	22.5
La difusión fue clara en el tríptico, se describió claramente la tecnología	Si	33	82.5
	No	7	17.5
Escala: Mala: [0-33%] Regular: [33-66%] Buena: [66-100%]			

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a las respuestas de la tabla anterior se puede identificar que la población percibió de manera positiva la información contenida en el tríptico, ya que el 92.5% de los encuestados definen que el contenido es fácil de entender, así mismo el 62.5 % estableció que el lenguaje usado en el material de difusión es sencillo, y el 82.5% perciben que la difusión se describió claramente, por lo que con relación a la escala establecida la difusión se establece como una difusión clara.

3.5. Quinta etapa. Evaluación.

3.5.1. Evaluación de la tecnología

3.5.1.1. Evaluación ambiental

De acuerdo a lo señalado por la metodología se utilizó el indicador de eficiencia de la tecnología propuesta en comparación con la eficiencia con otros dos sistemas unifamiliares ampliamente utilizados, fosa séptica y biodigestor prefabricado.

Es importante señalar que los parámetros calculados en el diseño conceptual de esta tecnología apropiada indican únicamente la eficiencia de remoción de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y DQO (Demanda Química de Oxígeno), por lo que para los demás parámetros se requiere de realizar una caracterización del afluente de agua residual en una vivienda unifamiliar de SSEO.

1. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Para el caso este parámetro el cálculo realizado muestra una eficiencia teórica del RAFA de 75% en el efluente del agua residual y para el FAFA de 67.11% (figura 57).

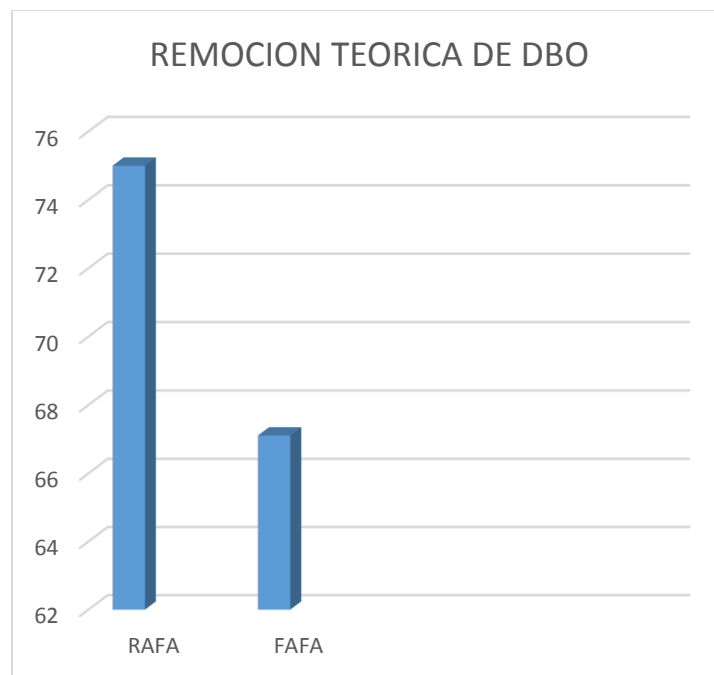


Figura 66. Remoción teórica de DBO de RAFA y FAFA.

Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar que el afluente (agua residual que entra al sistema) tiene una concentración teórica inicial en la demanda bioquímica de oxígeno de 415.38 mg/l, por lo que una vez recorrido el RAFA se considera una concentración teórica de 118.8 mg/l, a su vez el FAFA logra una eficiencia de 67.11%, por lo que el efluente final en términos de DBO de Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU) es de 42.20 mg/l posterior a su tratamiento, es decir se remueve una concentración de 373.18 mg/l correspondiente a 89.84% en eficiencia de remoción (figura 58).

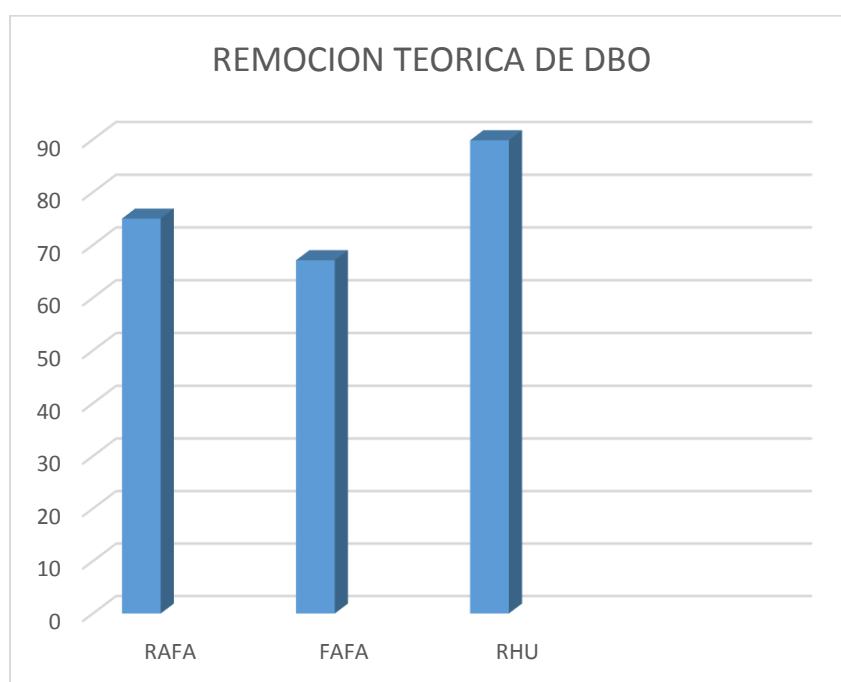


Figura 67. Remoción teórica de DBO en el Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU)
Fuente: Elaboración propia

Así mismo se realizó una comparación con experiencias tanto del RAFA y FAFA con condiciones similares a la propuesta, de acuerdo a experiencias de las dos tecnologías independientes de manera individual Caicedo (2006) reporta una eficiencia del RAFA de 87% para este parámetro en un reactor de 1.5 m de altura a un Tiempo de Retención Hidráulica de 8 horas a una temperatura de 19°C y por su parte Osorio y Vásquez (2008) indica una eficiencia del FAFA de 65%, en un filtro contenido en un tambo de 200 l, usando grava o guadulilla a una temperatura mínima 19 ° C y máxima de 24 ° C con un TRH 12 h, de acuerdo a las experiencias

mostradas el reactor combinado con las dos tecnología podría lograr un porcentaje mayor al 90% en remoción de DBO.

2. Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Para el caso de la DQO los resultados en el diseño teórico conceptual señalan una eficiencia en el RAFA DE 67.15% Y para el FAFA del 60%.

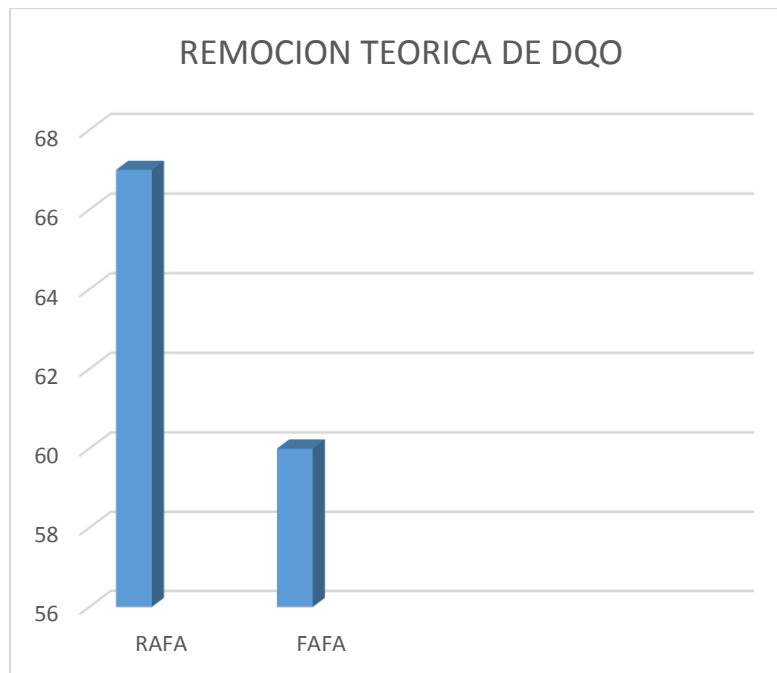


Figura 68. Remoción teórica de DQO de RAFA y FAFA.
Fuente: Elaboración propia.

El afluente del agua residual tiene una concentración teórica de Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 846.15 mg/l, en el efluente del RAFA se estima una concentración de salida de 308 mg/l (67.15%), a su vez el FAFA presenta una eficiencia de 60%. Es por lo anterior que el efluente final en términos de eficiencia teórica de remoción de DQO del Reactor Híbrido Unifamiliar es de 123.2 mg/l r, es decir se remueve una concentración de 722.95 mg/l lo que corresponde a una eficiencia total en este parámetro de 85.42% (figura 60).

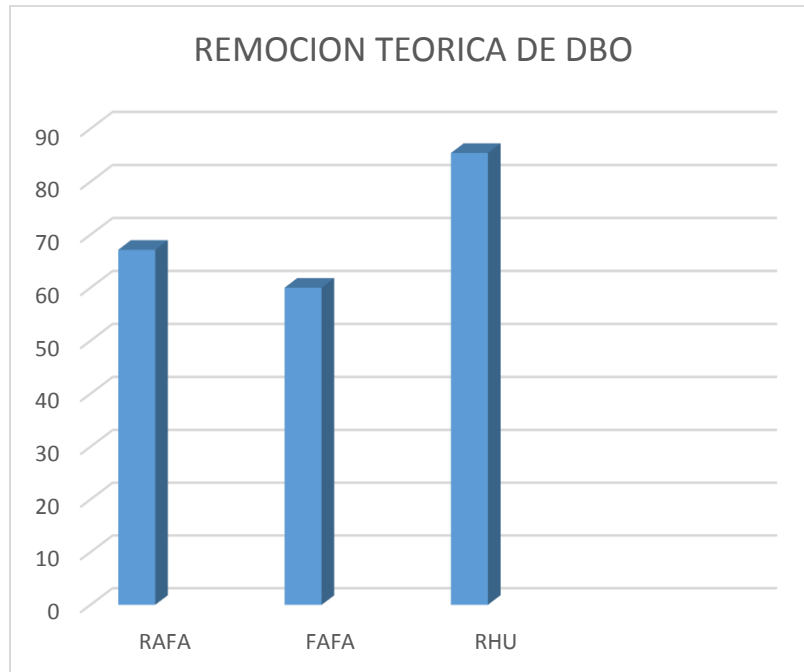


Figura 69. Remoción teórica de DBO en el Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU)
Fuente: Elaboración propia

Cabe señalar que en condiciones similares del RAFA y FAFA indican una eficiencia de remoción para el RAFA del 80% y del FAFA del 64%, por lo que conforme a estas experiencias el RHU podría disminuir la concentración del efluente en un porcentaje mayor al 90%.

Por otra parte la comparación de eficiencias con el biodigestor prefabricado (Mejía, 2016) y con la fosa séptica se realizó (Batalha, 1989 citado en Rodríguez et al., 2015) autores que realizaron una caracterización en el efluente de las aguas residuales posterior a su tratamiento en estos sistemas.

Comparación de remoción de DBO

En la figura 61 se muestra la eficiencia del tanque séptico, biodigestor prefabricado y el Reactor Híbrido Unifamiliar.

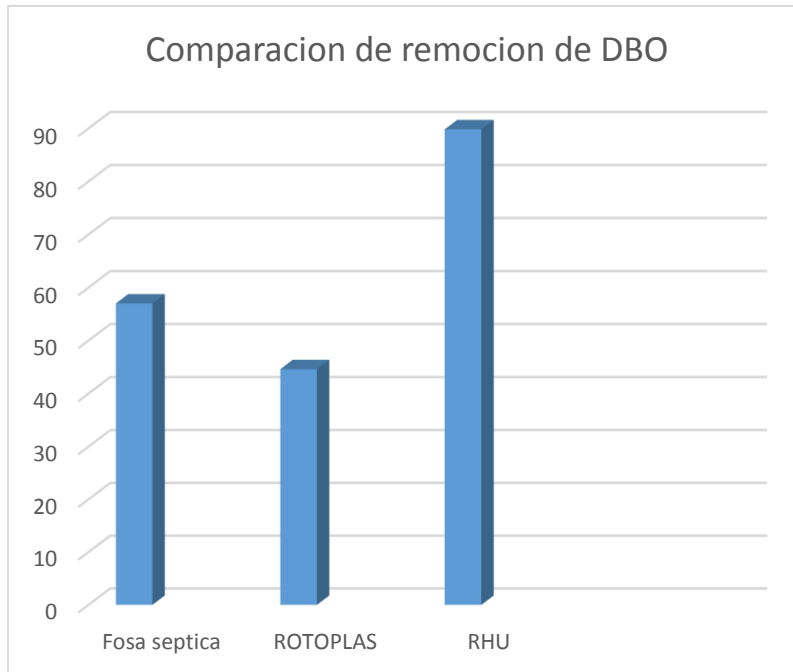


Figura 70. Comparación de remoción de DBO de fosa séptica, biodigestor prefabricado y el Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU).

Fuente: Elaboración propia

Se identificó que la fosa séptica convencional muestra una remoción del 57 % (Batalha, 1989 citado en Rodríguez et al., 2015) y el biodigestor prefabricado mostró una eficiencia de 44.6% en el efluente en términos de DBO, por otra parte la remoción teórica del Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU) es del 89.84%, el cual señala una mayor remoción en este parámetro.

Comparación de remoción de DQO

En la figura 62 se muestra la comparación realizada en la eficiencia de la fosa séptica, el biodigestor prefabricado y la tecnología alternativa (RHU)

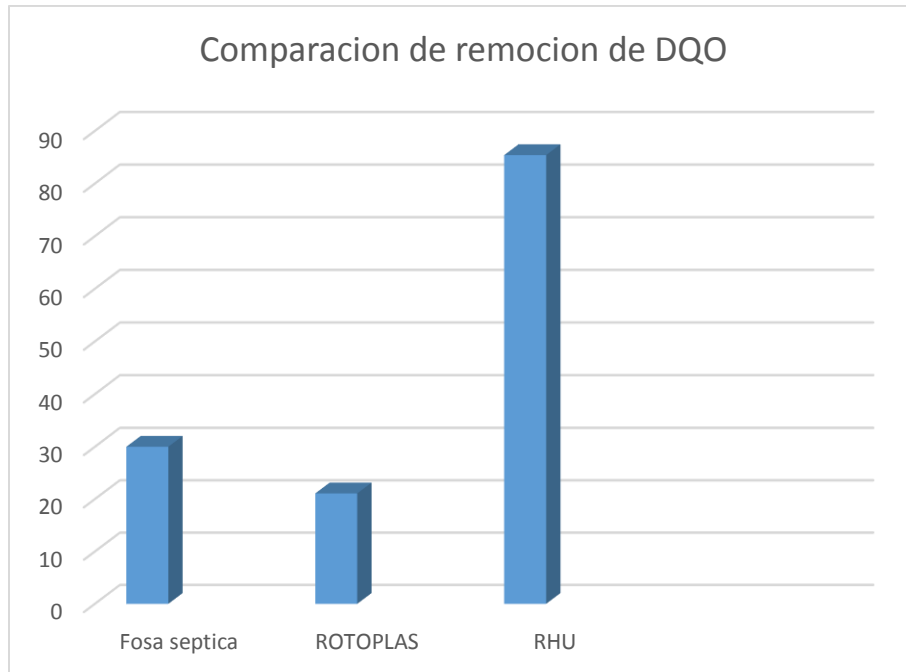


Figura 71. Comparación de remoción de DQO de fosa séptica, biodigestor prefabricado y el Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU).
Fuente: Elaboración propia

La fosa séptica convencional muestra una remoción del 30 % (Batalha, 1989 citado en Rodríguez et al., 2015) y el biodigestor prefabricado conforme al estudio realizado por Mejía (2016) únicamente presenta una eficiencia de 21.1% en el efluente en términos de DQO, por otra parte la remoción teórica del Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU) es del 85.42%, el cual señala una mayor remoción en este parámetro.

Es importante señalar que en la NOM-SEMARNAT-1996 señala que el parámetro más importante que no debe de exceder los límites máximos permisibles por esta norma en descarga en suelo y rehúso agrícola son las grasas y aceites, así mismo Cisterna et al., (2015) menciona que el 40 % de la Demanda Química de Oxígeno es representada por las grasas y los aceites presentes en las aguas residuales, por lo que la remoción de las grasas y aceites de acuerdo a lo indicado por este autor se puede considerar mayor al 80%, permitiendo la disposición final del agua residual tratada para riego de áreas verdes y disposición al suelo, en comparación con el

biodigestor prefabricado quien conforme a Mejía (2016) señala no elimina las grasas y aceites al contrario aumentan en el efluente en un 90%.

3.5.1.2. Evaluación económica de la tecnología propuesta.

En relación a la evaluación económica de la tecnología propuesta se calculó el costo de la tecnología propuesta, la cual se comparó con los costos de dos tecnologías unifamiliares ampliamente usadas en México (biodigestor prefabricado y Fosa séptica).

Costo de la tecnología

El costo de la tecnología alternativa se generó a partir del cálculo de los precios unitarios vigentes en relación a la cantidad utilizada para la construcción del Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU).

Tabla 44. Calculo de conceptos del Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU).



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACION PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL, UNIDAD OAXACA

Presupuesto de materiales utilizados para la construcción del Reactor Híbrido unifamiliar

Concepto	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Importe
Limpieza del terreno	m2	4.00	2.50	10.00
Trazo y nivelación	m2	2.00	3.00	6.00
Tambo de plástico de capacidad de 200 litros	pza	3.00	400	1600.00
Tubo PVC-4" tipo hidráulico	tramo	2.00	374.00	748.00
Tubo PVC-3" tipo hidráulico	tramo	2.00	366.00	732.00
Tubo PVC-2" tipo hidráulico	tramo	6.00	100.00	600.00
Codo PVC-hidráulico de 4" X 90°	pza	1.00	72.00	72.00
Codo PVC-hidráulico de 3" X 90°	pza	1.00	15.00	15.00
Válvula de globo PVC hidráulico para cementar	pza	2.00	500.00	1000.00
Pegamento para PVC- hidráulico tipo contac 222 de 1/8 de litro	litro	5.00	269.00	1345.00
Tee PVC-hidráulica 3"	pza	1.00	67.00	67.00
Campana extractora de gases	pza	1.00	400.00	400.00

Malla de gallinero de 19 mm	m2	4.00	20.00	80.00
Cemento cruz azul o similar	bulto	1.00	120.00	120.00
Arena de río	latas	8.00	5.00	40.00
Grava t.m.a. 3/4"	latas	10.00	7.00	70.00
Excavación	hr	1.00	600.00	600.00
Afine de talud	Jorn	1.00	250.00	250.00
Total Elaboración de muro				7,755.0

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte se realizó un estudio de mercado para realizar una comparación de la tecnología propuesta en comparación con la fosa séptica y el biodigestor prefabricado los cuales se presentan en la figura 63.

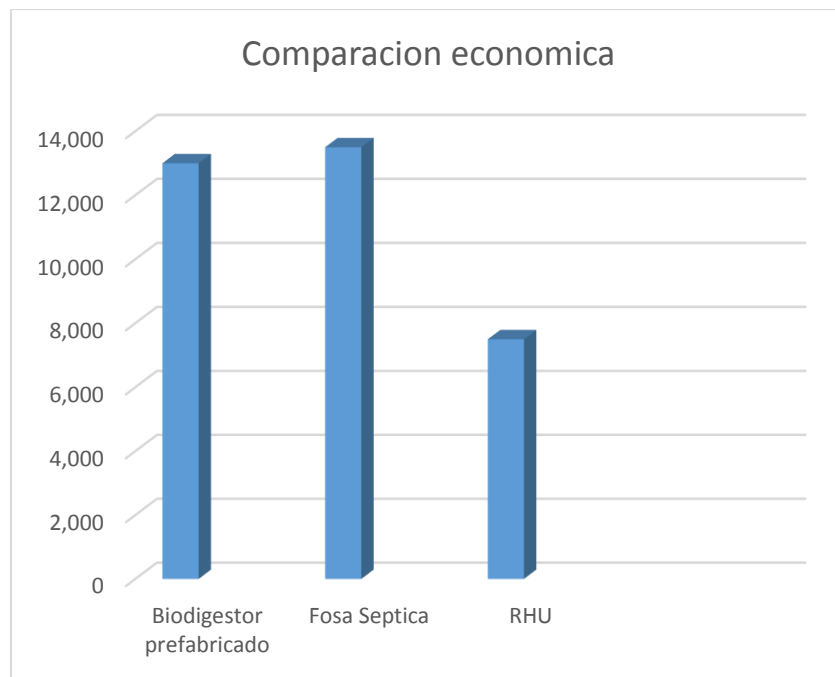


Figura 72. Comparación de costos de fosa séptica, biodigestor prefabricado y el Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU).

Fuente: Elaboración propia

A partir de la tabla anterior se puede identificar que el costo del Reactor Híbrido Unifamiliar presenta un menor costo de la tecnología en un 42.30% en comparación con un biodigestor prefabricado y en un 44% de la fosa séptica.

3.5.1.3. Evaluación social de la tecnología

En el aspecto social para evaluar a la tecnología se emplearon los resultados obtenidos de la encuesta con clave ESSEO con la finalidad de identificar la aceptación cultural por parte de los pobladores de SSEO y si perciben que esta tecnología puede realizarse con la participación de los pobladores, así como la evaluación de este aspecto a través del medio gráfico implementado.

En la tabla 44 se muestran los resultados cuantitativos de la encuesta en relación al eje temático de aceptación cultural (anexar número de personas).

Tabla 45. Resultados de evaluación del eje temático aceptación cultural.

Pregunta	Respuestas	Frecuencia	Porcentaje (%)	Evaluación
¿Qué le parece esta propuesta tecnológica para resolver su problemática de las aguas residuales?	Mala	2	5	Buena
	Regular	5	12.5	
	Buena	33	82.5	
Utilizaría el biodigestor híbrido para sanear sus aguas residuales	Si	35	87.5	Buena
	No	5	12.5	
Si la respuesta anterior fue si entonces ¿recomendaría el biodigestor híbrido para que otras personas lo implementen en su vivienda?	Si	34	97.14	Buena
	No	1	2.86	
¿Estaría usted dispuesto a invertir para construir un biodigestor híbrido en su vivienda?	Si	34	85	Buena
	No	6	15	
¿Cree usted que los materiales del biodigestor híbrido son accesibles?	Si	40	100	Buena
	No	0	0	
¿Cuáles son las desventajas que observa del biodigestor híbrido?	Excavación profunda para la colocación de la tecnología	2	5	Buena
	Demasiada área para la	0	0	

colocación del sistema (contenedores y tuberías).		
Que limpie el agua después de 4 semanas.	8	20
Mantenimiento (expulsión de lodos de fondo) mensual.	4	10
Ninguna	26	65
Escala: Mala: [0-33%] Regular: [33-66%] Buena: [66-100%]		

Fuente: Elaboración propia

Conforme a los datos señalados en la tabla 45 el 82.5% de los pobladores perciben a esta propuesta tecnológica como buena alternativa para abordar el saneamiento de sus aguas residuales, así mismo el 87.5 % de los encuestados utilizarían al biodigestor híbrido para realizar la limpieza de sus aguas residuales en sus viviendas y el 97.14 % la recomendarían para su uso en otros hogares de la comunidad, por otra parte el 85% estarían dispuestos a invertir para implementarla en sus domicilios, en cuanto a la percepción de la accesibilidad a los materiales para la construcción el 100% identifica que los insumos del RHU son de fácil acceso y en la identificación de las desventajas que pueden percibir de este sistema el 65% de los pobladores no encuentran alguna desventaja, lo cual señala que se adecua a sus necesidades para lograr el saneamiento del agua. A partir de lo anterior se concluye que la tecnología propuesta en la población de SSEO conforme a los resultados de la encuesta muestra una buena aceptación cultural.

Por otra parte en la tabla 45 se muestran los resultados cuantitativos de la encuesta en relación al eje temático de participación social de la tecnología.

Tabla 46. Resultados de evaluación del eje temático participación social.

Pregunta	Respuestas	Frecuencia	Porcentaje (%)	Evaluación
Cuál de las siguientes ventajas le parece más atractiva de este biodigestor híbrido	Construcción practica	27	67.15	Buena
	Requiere poco espacio	1	12.85	
	Facilidad de mantenimiento	12	30	
¿Le gustaría recibir capacitación en la construcción del biodigestor híbrido?	Si	40	100	Buena
	No	0		
Escala: Mala: [0-33%] Regular: [33-66%] Buena: [66-100%]				

Fuente: Elaboración propia

En relación a la participación social el 67.15% de los encuestados identifica una construcción practica lo que significa que puede promover la participación social a través de la cooperación de las personas en su construcción, por otro lado el 100% de la muestra poblacional indicó que le gustaría recibir capacitación en la construcción de un biodigestor híbrido, lo cual genera una perspectiva que pudiera aprovecharse para mejorar los valores solidarios presentes en la comunidad a través de su implementación y talleres de capacitación. Cabe mencionar que a partir de los resultados de la tabla 46 se puede concluir que es una tecnología que puede ser construida a través de la participación de los pobladores promoviendo de esta forma el capital social en dos sentidos en la participación y la cooperación reforzando valores solidarios relacionados con el capital social.

3.5.1.4. Evaluación técnica

Mantenimiento

A continuación se muestra el mantenimiento de la tecnología propuesta RHU en comparación con tecnologías ampliamente utilizadas tales como la fosa séptica y el biodigestor prefabricado (tabla 46).

Tabla 47. Comparación de mantenimiento de Fosa séptica, biodigestor prefabricado y el Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU).

Tecnología	Periodo de mantenimiento
Fosa séptica	12 a 24 meses
Biodigestor prefabricado	12 a 24 meses
Reactor Híbrido Unifamiliar	Mensual

Fuente: Elaboración propia

En relación a la fosa séptica la mayoría de los entrevistados respondieron que el mantenimiento es anual, sin embargo requieren de contratación de una pipa para el vaciado de sus fosas sépticas, dicho vaciado les genera un gasto de 1,500.00 pesos. Por otra parte en relación al biodigestor prefabricado el mantenimiento debe realizarse cada 12 a 24 meses de acuerdo a su uso, sin embargo en el manual de uso de este biodigestor la empresa recomienda limpiar los biofiltro anaeróbicos, con agua con una manguera después de una obstrucción y cada 3 o 4 extracciones de lodos, para el caso del Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU) se considera únicamente una extracción de lodos mensual, lo anterior debido a que es posible que el lodo espese demasiado y pudiese obstruir la tubería de 2". Es por lo anterior que el mantenimiento del biodigestor se considera mejor que el de la fosa séptica ya que evita gastos de contratación de vaciado de lodos pero su mantenimiento es más laborioso que el biodigestor prefabricado debido a los tiempos de vaciado de lodos.

3.5.2. Evaluación del proceso de proyecto

La evaluación del proceso del proyecto se realizó conforme a indicadores sociales en donde se resaltan los valores propios del capital social; cooperación, confianza y participación social (tabla 49).

Tabla 48. Evaluación del proceso del proyecto.

Indicador	Percepción del gestor de proyectos	Percepción de la comunidad	Evaluación
Cooperación	A través de las pláticas informales en la comunidad de SSEO se identificó que el tequio es considerada por los pobladores como herramienta para resolver problemas comunitarios y la mayoría de los habitantes señalan que asisten a esta práctica para beneficio a la comunidad con la cual resuelven problemas de diversa índole, lo cuales afectan a la población en general.	El 77.5% de los encuestados identifica al tequio como una práctica existente en la población.	Media
		El 64.5% de la muestra poblacional considera de gran relevancia como una acción con las que se pueden resolver problemas de beneficio comunitario	
		El 62.8% de las personas encuestadas podrían apoyar con trabajo y actividades diversas	
	A través de las pláticas informales se identificó que algunos pobladores no asistían a los tequios debido a que las demás personas no lo hacían, además expresaban que tenían que asistir a esta práctica para poder recibir apoyo de las autoridades municipales cuando ellos lo requirieran.	El 13 % de los pobladores indicó que asiste a los tequios para cumplir con las autoridades municipales. El 22.5 % de los pobladores indicó que asiste a los tequios por apoyar a las demás personas El 64.5 % de los pobladores indicó que asiste a los tequios porque los tequios resuelven problemas existentes en la comunidad	
	Por medio de la entrevista algunos pobladores señalaron que no hay cooperación para implementar una tecnología en una vivienda para proporcionar saneamiento a las aguas residuales generados por diversas viviendas cercanas	“[...] también le he ayudado a mi carnal a que sus aguas vengan a descargar a mi terreno, para eso pusimos un tubo de PVC que llegue aquí (predio) y descargue su agua para aventarla al canal, no hay de otra, aunque ponerse de acuerdo con los vecinos es bien difícil luego no quieren [...]”.	
	Se identificó que las personas cooperan en las obras de beneficio social tales como la fiesta de la agencia, en donde existe aún la mayordomía, así mismo es perceptible el apoyo con guezas.	En una obra de beneficio social el 87.5% realizaría alguna aportación en beneficio de la comunidad El 25.7% de las personas colaboraría con apoyo monetaria en una obra de beneficio social El 14% apoyaría con guelaguetza (apoyo mutuo) en una obra de beneficio comunitario	

	<p>Baja cooperación de algunos habitantes para modificar sus acciones y no afectar a los pobladores en donde el canal atraviesa en la parte media de su predio.</p> <hr/> <p>Una acción que se percibió durante las salidas de campo fue el sepelio de un poblador, en donde se identificó que los habitantes de la comunidad apoyan en acompañar al fallecido y a la familia hasta su entierro, colaborando al final con insumos para realizar la misa, inclusive las autoridades municipales se mostraron muy colaborativos en esta ocasión de dolor para la familia.</p>	<p>Algunas personas expresaron lo siguiente en las entrevistas. [...] el problema es que luego los demás no hacen nada para ayudar [...] [...] aunque luego los vecinos no limpian su agua [...]</p> <hr/> <p>En las pláticas informales el agente municipal expresó: [...] así es aquí hay que ayudar porque es difícil perder a alguien y en lo que se pueda estar con ellos [...]</p>
<p>Confianza</p>	<p>Los pobladores identifican que al menos 15% de la población asiste a los talleres de sensibilización, por lo que se observa una baja confianza en que los demás asistan a estos talleres de sensibilización</p> <hr/> <p>Las autoridades municipales han optado por implementar algunas sanciones a quienes descarguen sus aguas residuales sin previo tratamiento a la calle, aunque a pesar de esta medida durante los recorridos de campo se identificó que aún existen hogares que siguen realizando esta práctica, por lo que se ha generado una gran desconfianza en que la población en general implemente acciones para lograr el saneamiento de sus aguas residuales</p> <hr/> <p>Al cuestionar a los pobladores de si identifican cambios en el uso y manejo del agua posterior a talleres participativos, la mayoría indicó que no hay ningún cambio en ellos, así mismo durante las entrevistas se identificó que algunas personas no muestran confianza en que los pobladores realicen acciones para hacer un uso racional del agua y evitar la generación excesiva de la misma, por lo que la confianza entre la población y el medio es reconocida como baja por los mismos habitantes de SSEO.</p>	<p>Las personas entrevistadas expresaron: [...] el 5% [...], [...] el 20% [...], [...] el 20% [...], [...] a la reunión van 15 personas a 20 personas [...], [...] el 5% [...] y [...] muy pocos [...] asistían a los talleres de sensibilización implementados por parte del comité de ecología.</p> <hr/> <p>El 95% de los pobladores le gustaría que en el municipio se implementará sanciones a quienes descargan sus aguas residuales sin tratamiento previo</p> <hr/> <p>En la comunidad no se identifica cambios en el uso y manejo del agua por medio de talleres y pláticas las narrativas: [...] pues casi no ha habido respuestas porque no hay conciencia de la gente pero queremos que ya haya una solución a este problema [...], [...] que ya no queremos cursos lo que queremos es una solución [...], [...] no hacen nada solo cambian por un rato [...], [...] no se ve cambio en ellos [...] [...] nosotros al menos en nuestro caso, que así hiciera toda la gente digo yo la reciclamos mucho, al menos yo</p>

Media

<p>En la comunidad de SSEO se percibe una relación media entre los pobladores, en relación a la confianza se identificó que los pobladores no confían en la participación de sus vecinos en cuanto a la implementación de alguna tecnología o para la participación en talleres de sensibilización.</p> <p>Se identificó que la confianza que existe entre los pobladores y las instituciones educativas es baja, debido a que la población en general define que las instituciones han intervenido en la comunidad pero no con una propuesta tecnológica o su construcción si no con talleres de sensibilización, lo que ha generado esta desconfianza.</p> <p>Durante las actividades de campo, para la aplicación de las entrevistas y las encuestas fue necesario dar aviso a las autoridades municipales de la asistencia, ya que los pobladores no confían en las personas que no son propias de la comunidad, lo anterior debido a un intento de secuestro conforme a lo indicado por algunos pobladores y las autoridades municipales.</p>	<p>la que lavamos yo la guardo en tambos o en trastes grandes y la ocupo para regar la que es de agua jabonosa, la ocupo para lavar patio baño, y para hacer aseos así y ya la que sale más limpia la ocupo para regar plantas [...]</p> <hr/> <p>El 50% considera mediana su relación con los demás personas</p> <hr/> <p>El 50% considera mediana su relación con los las autoridades municipales</p> <hr/> <p>[...] ya vinieron otras instituciones educativas y lo único que hacen son platicas pero no nos traen algo para resolver el problema, cuando traigan algo con mucho gusto respondió a las encuestas que traigan [...]</p>	
<p>Participación</p> <p>Al realizar las encuestas y las entrevistas algunos pobladores no quisieron participar para dar respuesta a la misma, identificando que carecían de tiempo, lo que demuestra una baja participación en la comunidad para la participación en contestar instrumentos de diagnóstico de su comunidad.</p> <hr/> <p>Durante los recorridos de campo se identificó que menos del 50% de los pobladores asisten a los tequios, concertando con lo definido por las autoridades municipales.</p>	<p>[...] ahorita no tengo tiempo para responder tu encuesta”, otro poblador comentó “si eres del INEGI ya no queremos más encuestas” otra opinión “ya vinieron otras instituciones educativas y lo único que hacen son platicas pero no nos traen algo para resolver el problema, cuando traigan algo con mucho gusto respondió a las encuestas que traigan”, “tengo mucho trabajo en lo que estoy comiendo dícteme las preguntas y le contesto su encuesta [...]</p> <hr/> <p>El 50% de los pobladores indicó que si asiste a los tequios</p> <hr/> <p>El 80 % de los pobladores definió que en ocasiones asiste a la práctica del tequio.</p>	<p>Baja</p>

Se identifica que los pobladores no participan en alguna organización de beneficio comunitario, a pesar de presentar algunas problemáticas que pudieran resolverse a través de acciones participativas.

De acuerdo con lo señalado el 80% de los pobladores no participa en alguna organización o grupo para realizar actividades de beneficio comunitario.

En la población se percibe que más de la mitad de los encuestados asistirían a algún curso o taller, de sensibilización en el manejo del recurso hídrico, sin embargo en las entrevistas realizadas, las personas manifestaron su poca participación en estos talleres implementados por el comité de ecología

De acuerdo con la entrevistas aplicada en relaciona la asistencia en el uso del agua las personas expresaron:
[...] si, aunque no he ido a ninguno [...], [...] si, si es que me da tiempo [...], [...] si aunque casi ni voy [...], [...] si aunque el comité ya ha hecho eso y no van [...], así mismo en relación a los talleres a los que han asistido: [...] no porque no he asistido a ninguno por falta de tiempo [...], [...] no porque no he asistido a ninguno por falta de tiempo [...], [...] no porque no he asistido a ninguno por falta de tiempo [...], [...] No estoy muy enterado [...]

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

El diagnóstico participativo es una herramienta que nos permitió identificar valores solidarios presentes en la comunidad de San Sebastián ETLA, Oaxaca, México, tales como la confianza, la participación y la cooperación, a su vez con esta herramienta metodológica se logró percibir mejor la realidad de la población, contextualizarla, planear y programar diferentes acciones acorde a necesidades señaladas por los pobladores, en donde se identificó una problemática de la falta de saneamiento de las aguas residuales domésticas. Es por lo anterior que este instrumento resulta fundamental para lograr inducir a una participación efectiva y mejorar un involucramiento social en el desarrollo de proyectos, por lo que debe considerarse como un punto de partida por los gestores de proyectos en la identificación de soluciones apegadas a la realidad del contexto del sitio.

La tecnología apropiada propuesta en esta tesis (RHU) se encuentra adaptada para ser construida en comunidades en donde por sus características espaciales y recursos económicos limitados resulta compleja la construcción de un sistema convencional de tratamiento de aguas residuales, a su vez esta alternativa demuestra en términos generales una buena eficiencia teórica en remoción de parámetros básicos para cumplimiento con la normatividad en materia de agua para descarga en suelos y uso de riego agrícola.

El Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU) el principal resultado de esta tesis, es una tecnología que se conceptualizó en base a las características de tecnología apropiada, en el que uno de los ejes rectores fundamentales fue el aspecto social, por lo que esta tecnología alternativa puede considerarse no solo como apertura para promover la participación social sino que puede ser tomado en cuenta como vehículo para el incremento de capacidades grupales, logrando persuadir en grupos excluidos y rescatar e integrar valores solidarios.

La difusión de la tecnología apropiada es un proceso que no sucede en un tiempo inmediato, sin embargo en la comunidad de SSEO un acercamiento con los representantes de la comunidad permitió lograr un mejor contacto con los pobladores quienes inicialmente mostraban desconfianza con diversas instituciones y dependencias gubernamentales quienes han intervenido anteriormente mediante propuestas de solución ante su problemática de saneamiento del agua. En este sentido, los representantes actuaron como actores clave para incidir en la confianza y participación de la comunidad con el gestor del proyecto.

A partir del proceso de difusión del Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU) en la comunidad de SSEO se logró despertar el interés de los pobladores visualizándose una buena aceptación de la tecnología alternativa como propuesta para solucionar la problemática del saneamiento del agua en la comunidad.

El proceso de evaluación bajo el enfoque de economía solidaria nos permitió identificar valores solidarios aun presentes en la comunidad de San Sebastián ETLA, Oaxaca, México, lográndose persuadir a partir de la difusión de una tecnología apropiada valores como la confianza de los pobladores hacia instituciones educativas para la búsqueda de una solución integral frente a la problemática del saneamiento del agua. Cabe señalar que si bien son importantes la implementación de talleres participativos y herramientas de participación social, la tecnología apropiada puede fortalecer y fomentar iniciativas de asociación los cuales se ven deteriorados debido a la falta de capacidad de los pobladores para conciliar los intereses.

RECOMENDACIONES

En términos que el proyecto se encuentra en una fase conceptual se recomienda continuar con la segunda etapa en la que debe de considerarse inicialmente la caracterización de las aguas residuales, la construcción del RHU, la evaluación de eficiencias conforme a la normatividad en materia de aguas así como su transferencia tecnológica, sin embargo se recomienda aun tener un acercamiento responsable con las autoridades de la comunidad (agente municipal y comité de ecología) ya que son las personas quienes inciden directamente en la participación de la población en proyectos relacionados a problemáticas medioambientales.

Una vez determinada la eficiencia del RHU es importante continuar con el proceso de transferencia de la tecnología con la finalidad no solo de implementarse en la localidad de SSEO, sino para ser adoptada como tecnología innovadora por otras comunidades que no cuentan con infraestructura para el saneamiento de las aguas residuales a través de estrategias que consideren talleres de construcción con la participación activa de la comunidad.

El Reactor Híbrido Unifamiliar (RHU) presenta una buena eficiencia teórica de remoción en parámetros señalados por la NOM-001-SEMARNAT-1996, sin embargo se recomienda que esta tecnología se lleve a la construcción para experimentar el sistema constructivo con el objetivo de determinar su eficiencia así como sus posibles adecuaciones y mejoras para su posterior implementación en poblaciones que presenten una problemática del saneamiento del agua, las cuales presenten una problemática de superficie de terreno y bajos recursos para la construcción de un sistema de saneamiento convencional.

Esta tecnología podría ser implementada como proceso secundario en aquellas plantas de tratamiento que por su funcionalidad utilizan energía eléctrica, con la finalidad de poder reactivar el saneamiento en municipios de Oaxaca que carecen de una tecnología eficiente para el tratamiento de sus aguas contaminadas, o que por sus características han dejado de operar.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguilera, F. (2010). Agua, economía y medio ambiente: interdependencias físicas y la necesidad de nuevos conceptos. *Revista de estudios Agro-Sociales*, 1(167), 113-120.

Ander-egg, E. (2003). *Repensando la Investigación-Acción Participativa*. Buenos Aires, Argentina: lumen humanitas.

Antonio, J. (2006). Diseño de una estrategia de transferencia de tecnología en la ganadería campesina de la región mixe (Ayuuk) en Oaxaca, México. *Ra Ximhai*, 2(2), 420-426.

Aparicio, H. (2004). Medios de comunicación y opinión pública en la sociedad democrática. *Revista Venezolana de Ciencias Sociales*, 8(2), 327.

Aponte, G.A. (2015). EL PROCESO DE GESTIÓN DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA: SUS ETAPAS E INDICADORES RELACIONADOS. *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*, 1(2) 68-72.

Arango, A. (2004). La biofiltración, una alternativa para la potabilización del agua. *Revista Lasallista de Investigación*, 1(2), 61-64.

Arango, Á. (2004). La biofiltración, una alternativa para la potabilización del agua. *Revista Lasallista de Investigación*, 1(2), 61-66.

Argirakis, S., y Ríos, A. (2010). Biofiltro de arena: Alternativa eco-amigable para la purificación del agua. *Revista 360*, 10(1), 1-14.

Arias, I., Carlos, A., y Brix, H. (2003). Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 1(13), 17-22.

Arias, S. (2011). *Proceso de selección de las ecotecnologías en las comunidades rurales*. Lima, Perú: Guzlop.

Aubel, J. (2000, 29 de agosto). Manual de Evaluación Participativa del Programa: Involucrando a los participantes del programa en el proceso de evaluación. Recuperado de http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnach758.pdf

Barkin, D. (2012). Hacia un Nuevo Paradigma Social. *POLIS Revista Latinoamericana*, 11(33), 1-12.

Barkin, D. y Lemus, B.E. (2011), La Economía Ecológica y Solidaria: Una propuesta frente a nuestra crisis. *Sustentabilidades*, 5(1), pp. 1-13.

Bautista, G., Pedro, C., y Álvarez, G. (2013). Participación y acción comunitaria en el manejo de recursos naturales de uso común en la Mixteca Oaxaqueña. *Ra Ximhai*, 9(2), 89-98.

Bijker, W. (2005). ¿Cómo y por qué es importante la tecnología?. *Redes*, 11(21), 19-53.

Bonilla, M.N., Silva, S.E., Cabrera, C., y Sánchez, R.C. (2013). Calidad del agua residual no entubada vertida por dos parques industriales en la ciudad de Puebla, México. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 4(7), 1-36.

Brokmann, C. (2010). Comunidad, derechos y obligaciones. El tequio como mecanismo de solidaridad social. *Revista del Centro Nacional de Derechos Humanos*, 1(15), 130.

Bustamante, A., Galindo, G., Jaramillo, J.L., y Vargas, S. (2016). PERCEPCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO TLAPANECO POR LA POBLACIÓN RIBEREÑA. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 1(3) 47-52.

Caicedo, F.J. (2006). DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y ARRANQUE DE UN REACTOR U.A.S.B. PILOTO PARA EL TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

Camacaro, L., y González, R. (2008). La crisis ecológica. Un problema global visto desde una perspectiva local. *Revista de Artes y Humanidades UNICA*, 9(22), 79-93.

Campos, E., y Gómez, A.M. (2009). TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE IRRADIACIÓN GAMMA. *Quivera*, 11(1), 12.

Castillo, E. R., Lizama, C. E., Méndez, R. I., García, J., Espadas, A., y Pat, R. (2011). Tratamiento de efluentes de fosas sépticas por el proceso de lodos activados. *Ingeniería*, 15(3), 157-159.

Castillo, E.R., Santos, B., Méndez, R. I., Pietrogiovanna, J. A., Espadas, C., Pat, R. (2013). Tratamiento de efluentes de fosas sépticas mediante el uso de un sistema de contacto biológico rotatorio. *Tecnología y Ciencias del Agua*, IV(3), 125-126.

Castro, P., Alarcón, M., Cavieres, H., Contreras, P., Inzunza, J., Marimbio, J., Palma, E., y Tapia, S. (2007). EL DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO COMO HERRAMIENTA METODOLÓGICA EN LA ASESORÍA EDUCATIVA. REICE. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 5(5e), 163-171.

Chuchón, S. A., y Aybar, C. A. (2008). Evaluación de la capacidad de remoción de bacterias coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno de la planta de

tratamiento de aguas residuales "La Totora", Ayacucho, Perú. *Ecología Aplicada*, 7(1-2), 168.

Colmenares, A. (2012). Investigación-acción participativa: una metodología integradora del conocimiento y acción. *Voces y silencios: Revista latinoamericana de educación*, 3(1), 102-109.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2014). *Estadísticas del Agua en México*. Revista CONAGUA, 4 (1), pp. 81.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2007, 11 de diciembre). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales y lodos producidos (20). Recuperado de <ftp://ftp.conagua.gob.mx/Mapas/libros%20pdf%202007/Sistemas%20Alternativos%20de%20Tratamiento%20de%20Aguas%20Residuales%20y%20Lodos%20Producidos.pdf>

Coraggio, J.L. (2011). *El trabajo antes que el capital*. Quito, Ecuador: Abya-Yala

Crombet, S., Abalos, A., y Rodríguez, S. (2016). Evaluación del tratamiento anaerobio de las aguas residuales de una comunidad universitaria. *Revista Colombiana de Biotecnología*, XVIII(1), 49-50.

Crombet, S., Pérez, N., Ábalos, A., Rodríguez, S. (2013). Caracterización de las aguas residuales de la comunidad "Antonio Maceo" de la Universidad de Oriente. *Revista Cubana de Química*, XXV(2), 134-142.

De Anda, J. (2017). Saneamiento descentralizado y reutilización sustentable de las aguas residuales municipales en México. *Sociedad y Ambiente*, 1(14), 119-143.

Delgado, J. (2015). Metodología para la construcción de redes comunitarias en la dimensión cultura del desarrollo local sustentable. Cayapa. *Revista Venezolana de Economía Social*, 15 (29), 89-105.

Denicourt, J. (2014). "Así nos tocó vivir". Práctica de la comunidad y territorios de reciprocidad en la Sierra Mixte de Oaxaca. Trace. *Travaux et Recherches dans les Amériques du Centre*, 1(65), 23-36.

Díaz, E., Alavarado, A., y Camacho, K. (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. *Quivera*, 14(1), 78-85.

Escobar, M.C., Niños, J.A., Ramírez, N., y Yépez, C. (2009). DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO DEL USO, DEMANDA Y ABASTECIMIENTO DE LEÑA EN UNA COMUNIDAD ZOQUE DEL CENTRO DE CHIAPAS, MÉXICO. *Ra Ximhai*, 5(2), 201-203.

Espinosa, M. del C., León, Y., y Rodríguez, X. (2013). Problemática de la determinación de especies nitrogenadas (nitrógeno total y amoniacal) en aguas residuales. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 44(1), 1-12.

Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147-170

Fernández, R. (2011, 15 de diciembre). El antropoceno: la crisis ecológica se hace mundial. Recuperado de https://www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/el_antropoceno.pdf

Franco, A. (2016). Salud global: una visión latinoamericana. *Panam Salud Publica*, 39(2), 128-136.

Fumero, A. (2010). Tecnologías "sociales" en una sociedad tecnológica. En: *Razón y palabra*, 6(1), 1-6.

Galindo, A., Toncel, E., y Rincón, N. (2016). Evaluación de un filtro biológico como unidad de post-tratamiento de aguas residuales utilizando conchas marinas como material de soporte. *Revista ION*, 29(2), 39-50.

Galindo, A., Toncel, E., y Rincón, N. (2016). Evaluación de un filtro biológico como unidad de post-tratamiento de aguas residuales utilizando conchas marinas como material de soporte. *ION*, 29(2), 39.

Gallego, I., García, D. (2017). Remoción de nitrógeno amoniacal total en un biofiltro: percolador-columna de arena. *Tecnología y Ciencias del Agua*, VIII(1), 83.

Galli, F., Bolzan de Campos, C., Bedim, L., y Castellá, J. (2013). Actitudes hacia el medio ambiente en la infancia: un análisis de niños del sur de Brasil. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 45(3), 461-473.

García, C. A., Vaca, M.L., y García, J.C. (2014). Sanitario seco: una alternativa para el saneamiento básico en zonas rurales. *Revista de Salud Pública*, 16(14), 631-633.

Garzón, B. (2001). Sistemas sanitarios alternativos de participación para la construcción social del hábitat residencial rural. *Revista INVI*, 16(43), 77-87.

Garzón, M. A., Buelna, G., Moeller, G. E. (2012). La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias. *Tecnologías y Ciencias del agua*, III(3), 159.

Garzón, M.A. y Buelna G. (2014). Caracterización de aguas residuales porcinas y su tratamiento por diferentes procesos en México, *Revista de contaminación ambiental*, 30(1), 65-79.

Gil, M., y Reyes, H. (2015). Gestión integral del agua desde un enfoque social hacia una economía ecológica. *Nósis Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 24(47), 158-174.

Gómez, A. (2012). Movimiento social por una Nueva Cultura del Agua en España. *Espacios Públicos*, 15(35), 96-102.

Gómez, A.H., y Álvarez, G.M. (2008). Evaluación de la eficiencia de un filtro de grava a escala piloto, análisis comparativo con un filtro anaerobio de guadua (tesis de pregrado). Universidad Pontificia Bolivariana. Bolivia.

Gonzaga, J., Aguirre, A., y Ríos, M. (2015). DESAFÍOS DE LA JUSTICIA AMBIENTAL Y EL ACCESO A LA JUSTICIA AMBIENTAL EN EL DESPLAZAMIENTO AMBIENTAL POR EFECTOS ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO. *Revista Luna Azul*, 1(41), 323-347.

Granados, M. (2009). Sanitarios Ecológicos Secos como elemento de regularización de asentamientos humanos (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma de México (UNAM), México.

Guardia .D.Y. (2012). Estudio de la digestión anaerobia en dos fases para el tratamiento de las aguas residuales del despulpe del beneficiado húmedo del café (tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid. España.

Guerrero, M. T., Fritche, J., Martínez, R., y Hernández, Y. (2006). Diseño y construcción de sanitarios ecológicos secos en áreas rurales. *Revista Cubana de Salud Pública*, 32(2), 3-4.

Guerrero, M. T., Fritche, J., Martínez., R., y Hernández, Y. (2006). Diseño y construcción de sanitarios ecológicos secos en áreas rurales. *Revista Cubana de Salud Pública. Revista Cubana de Salud Pública*, 32(3), 2-4.

Hernández, D., Ramos, N., Castillo, J., y Orduña, J. (2015). Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales de flujo sub-superficial, utilizando *Stipa ichu*, para el tratamiento de aguas residuales domésticas. *Ingenium*, 9(25), 47.

Hernández, L., Medrano, J., Bermúdez, I., y Santillán, A. (2014). Análisis y diseño de un esquema de control para aplicación en baño seco portátil. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 1(72), 61.

Hernández, R., y Herrerías, G. (2004, 12 de febrero). *Agua para Siempre y Quali: un cuarto de siglo de desarrollo regional*. Recuperado de <http://www.alternativas.org.mx/Alternativas%20un%20cuarto%20de%20siglo.pdf>

Instituto Nacional de Ecología Y Cambio Climático (INECC). (2015, 22 de febrero). Biofiltración. Recuperado de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/396/biofiltra.html>

Instituto Nacional de Economía Social (INAES) (2007, 25 de abril). Experiencias de Buenas prácticas de Economía Social y Solidaria en México (1). Recuperado de http://www.inaes.gob.mx/doctos/pdf/transparencia/DiagnosticoPFES/BUENAS_PRATICAS_DIAGNOSTICOS_INAES.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) (2008, 11 de octubre). MANUAL DE INSTRUCCIONES, NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DEL ENCUESTADOR (1). Recuperado de <http://siteresources.worldbank.org/INTLSMS/Resources/3358986-1181743055198/3877319-1258488065748/encuestador.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2015, 12 de agosto). Catálogo de claves de entidades federativas, municipios y localidades. Recuperado de <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=202930001>

Jimenez, E., Villegas, A. M. (2005). DISEÑO DE UN SISTEMA DE BIOFILTRACIÓN PARA LA REMOCIÓN DE ESTIRENO. *Revista EIA*, 3(1), 11-12.

Lahera, V. (2010). INFRAESTRUCTURA SUSTENTABLE: LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. *Quivera*, 12(2), 59-63.

Ley de Aguas Nacionales. Diario Oficial de la Federación de los Estados Unidos Mexicanos, México, 1° de diciembre de 1992.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Diario Oficial de la Federación de los Estados Unidos Mexicanos, México, 28 de enero de 1988.

López, J.F., Tapia, A., y Romero, H. (2017). CAPITAL SOCIAL Y RESPUESTAS A PERTURBACIONES AMBIENTALES EN LA COMUNIDAD ANDINA DE CAQUENA, NORTE DE CHILE. *Interciencia*, 42(7), 430-432.

López, N., y Baraja, V. (2013). IDENTIDAD Y DESARROLLO: EL CASO DE LA SUBREGIÓN ALTA MIXE DE OAXACA. *Península*, VIII(2), 21.

Lorenzo, Y., y Obaya, M.C. (2006). La digestión anaerobia y los reactores UASB. Generalidades. ICIDCA. *Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, XL(1), 14-16.

Lucho, C.A., Medina, S.A., Beltrán, R.I., Juárez, B., Vázquez, G.A., y Lizárraga, L. (2015). Diseño de fosas sépticas rectangulares mediante el uso de la herramienta FOSEP. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 14(3), 759.

Madeleine, R. (2005). Innovación social y desarrollo local en un municipio andino. Cayapa. *Revista Venezolana de Economía Social*, 5(9), 49-55.

Maldonado, B. (2015). Perspectivas de la comunalidad en los pueblos indígenas de Oaxaca. *Bajo el Volcán*, 15(23), 151-169.

Mancebo del C, U., Ortega, S, Sámano, J., y Noyola, A. (2000, 21 de abril). AHORRO Y REUSO DE AGUA MEDIANTE TRATAMIENTO *IN SITU* EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA UNAM. Recuperado de <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsaidis/mexico11/ar-37.pdf>

Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS, 2015, 24 de septiembre). Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (28). Recuperado de <http://mapasconagua.net/libros/SGAPDS-1-15-Libro28.pdf>

Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS, 2015, 22 de marzo). Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente (29). Recuperado de <http://www.mapasconagua.net/libros/SGAPDS-1-15-Libro29.pdf>

Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS, 2015, 22 de marzo). Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Pretratamiento y Tratamiento Primario (26). Recuperado de <http://aneas.com.mx/wp-content/uploads/2016/04/SGAPDS-1-15-Libro26.pdf>

Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS, 2015, 23 de marzo). Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Humedales Artificiales (30). Recuperado de <http://mapasconagua.net/libros/SGAPDS-1-15-Libro30.pdf>

Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS, 2015, 23 de marzo). Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado (4). Recuperado de <http://aneas.com.mx/wp-content/uploads/2016/04/SGAPDS-1-15-Libro4.pdf>

Marín, J.C., Chinga, C.A., Velásquez, A.I., González, P.A., y Zambrano, L.M. (2015). TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA PROCESADORA DE PESCADO EN REACTORES ANAERÓBICOS DISCONTINUOS. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(1), 27-42.

Martí J. (2010). *La Investigación - Acción Participativa, estructura y fases. La Investigación – acción participativa. Estructura y fases*, 4, pp. 1-27.

Martínez F. J. (2008). La Nueva Cultura del Agua en un mundo en crisis. Fundación Seminario de Investigación para la Paz y Gobierno de Aragón. *El agua, derecho humano y raíz de conflictos*, 1(1), 549-550.

Martínez, K. I., Pacheco, A. Y., Echeverría, L., y Medina M.E. (2016). Barreras en la transferencia de la tecnología: Un estudio cualitativo de las intervenciones breves y los centros de atención a las adicciones. *Salud Mental*, 39(5), 257-258.

Mayarí, R., Espinosa, M. del C., y Gutiérrez, J. (2005). Validación de La Determinación de Oxígeno Disuelto y Demanda Bioquímica de Oxígeno en Aguas y Aguas Residuales. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 36 (1), SN.

Mejía, F. del P. (2016). "EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS MEDIANTE UN BIODIGESTOR PREFABRICADO EN LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA COTARUSE - APURÍMAC" (tesis de pregrado). UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, Perú.

Melero Aguilar, N., y Fleitas Ruíz, R. (2015). LA INVESTIGACIÓN ACCIÓN PARTICIPATIVA EN PROCESOS DE DESARROLLO COMUNITARIO: UNA EXPERIENCIA DE COOPERACIÓN INTERUNIVERSITARIA EN EL BARRIO DE JESÚS MARÍA, LA HABANA VIEJA (CUBA). *Pedagogía Social. Revista Interuniversitaria*, 1(26), 203-205.

Méndez, R., Mena, Rubí., Castillo, E. R., Sauri, M. R. (2013). Evaluación de un reactor UASB para aguas porcinas inoculado con líquido ruminal. *Ingeniería* 17(1), 41-43.

Méndez, R.I., Chan, E.A., Castillo, E.R., Vázquez, E.R., Espadas, A.E. (2012). Digestión anaerobia de efluentes de fosas sépticas. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, XIII(3), 343.

Mendieta, G. (2015). Informantes y muestreo en investigación cualitativa. *Investigaciones Andina*, 17(30), 1148-1150.

Mercedes (2011). Investigación-acción participativa: una metodología integradora del conocimiento y acción. *Revista Latinoamericana de Educación*, 3 (1), 102-115.

Metcalf y Eddy (2003). *Tratamiento y depuración de las aguas residuales*. España: Labor, S.A.

Mora, A.M. (2016). VIABILIDAD TECNICA, ECONOMICA Y SOCIAL PARA LA ADOPCION DE SANITARIO SECO EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRA (TESIS DE PREGRADO). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá.

Morales, S. A., Rizo, P., Hernández, M. E., Dávila, J. A. (2015). Producción de biohidrógeno en un reactor continuo UASB. *Revista Cubana de química*, 27(1), 67.

Morató, J., Subirana, A., Gris, A., Carneiro, A., y Pastor, R. (2006). Tecnologías sostenibles para la potabilización y el tratamiento de aguas residuales. *Revista Lasallista de Investigación*, 3(1), 19-29.

Morato, J., y Peñuela, G. (2010, 22 de abril). Manual de tecnologías sostenibles en tratamiento de aguas. Recuperado de <http://www.unescosost.org/wp->

content/uploads/2014/04/Manual-de-Tecnologias-Sostenibles-en-Tratamiento-de-Aguas.pdf

Mori, M. (2008). Una propuesta metodológica para la intervención comunitaria. *Liberabit. Revista de Psicología*, 14(1), 81-90.

Navarro, M., Pérez, A., Suarez, J., y Mesa, A.R. (2013). La capacitación como elemento clave del modelo para la difusión y adopción de tecnologías de semillas en el sector ganadero cubano (Nota técnica). *Pastos y Forrajes*, 36(3), 377.

NOM-001- SEMARNAT-1996 “Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en descargas de aguas en cuerpos de agua o bienes nacionales”. Diario Oficial de la Federación de los Estados Unidos Mexicanos, México, 24 de diciembre de 1996.

NOM-002- SEMARNAT-1996 “Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en descargas de aguas en alcantarillado público”. Diario Oficial de la Federación de los Estados Unidos Mexicanos, México, 03 de junio de 1998.

NOM-003-SEMARNAT-1997 “Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público”. Diario Oficial de la Federación de los Estados Unidos Mexicanos, México, 28 de septiembre de 1998.

NOM-SEMARNAT-1994 “Protección ambiental.- Lodos y biosólidos.- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final”. Diario Oficial de la Federación de los Estados Unidos Mexicanos, México, 15 de agosto de 2003.

Noyola, J., Morgan, C., y Guereca, J. (2013, 01 de julio). Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales: Guía de apoyo para pequeñas y medianas ciudades. Recuperado de <https://www.globalmethane.org/documents/Seleccion-de-Tecnologias-para-el-Tratamiento-de-Aguas-Residuales-Municipales.pdf>.

Olivas, E., Flores, J.P. Serrano, M., Soto, E., Iglesias, J., Salazar, E., y Fortis, M. (2011). INDICADORES FECALES Y PATÓGENOS EN AGUA DESCARGADA AL RÍO BRAVO. *Terra Latinoamericana*, 29(4), 449-457.

ONU (2014). *Un Objetivo Global para el Agua Post-2015: Síntesis de las Principales Conclusiones y Recomendaciones de ONU-Agua*, 7-37.

Ortiz, J.A., Masera, O.R., y Fuentes, A.F. (2014). *La ecotecnología en México. D.F.*, México: Imagia comunicación.

Osorio, A.F. y Vásquez, J.C. (2007). Evaluación de remoción de la materia orgánica en filtros anaerobios de flujo ascendente utilizando aguas residuales sintéticas (tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.

Osorio, J. Al., Ciro, H. J., González, H. (2007). EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE BIODIGESTIÓN EN SERIE PARA CLIMA FRÍO. *Revista Facultad Nacional de Agronomía – Medellín*, 60(2), 4157.

Pacheco, J., y Gómez, G. (2007). El modelo ecotecnológico, una alternativa para la sostenibilidad de las comunidades artesanales de Galapa y Usiacurí en el departamento del Atlántico. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 1(59), 117-120.

Padilla, E. (2007). Estudio ecológico y etnobotánico de la vegetación del municipio de San Pablo Etla, Oaxaca (Tesis de maestría). CIIDIR, Oaxaca.

Padilla, E., y Torregrosa M.L. (2002). Una transferencia de tecnología alternativa: los baños ecológicos composteros. *Revista de comercio exterior*, 52(3).

Parra, A., y Cadena, Z. (2010). El medio ambiente desde las relaciones de ciencia, tecnología y sociedad: un panorama general. *Revista CS*, 1(6), 331-355.

Parra, L.M. (2006). OPERACIÓN DE UN FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (FAFA) HASTA ALCANZAR EL ESTADO ESTABLE (Tesis de pregrado), Universidad Nacional de Colombia. Colombia.

Pedraza, E. M., y Velázquez, J. A. (2013). Oficinas de Transferencia Tecnológica en las Universidades como Estrategia para Fomentar la Innovación y la Competitividad. Caso: Estado de Hidalgo, México. *Journal of Technology Management & Innovation*, 8(2), 222-224.

Peña, A., y Castillo, A. (2015). Identificación y cuantificación de contaminantes emergentes en aguas residuales por microextracción en fase sólida-cromatografía de gases espectrometría de masas (MEFS-CG-EM). *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 18(1), 29-42.

Pérez, R., Alfaro, C., Sasa, J., Agüero, J. (2013). EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA ALTERNATIVO DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. *Uniciencia*, 27(1), 332.

Pérez, R., Alfaro, C., Sasa, J., y Agüero, J. (2013). Evaluación del funcionamiento de un sistema alternativo de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. *Uniciencia*, 27(1), 332-340.

Ponce, Y., Pardo, A., Arocha, C., y Rojas, J. (2009). Metodología de planificación estratégica para instituciones de salud a partir de valores compartidos. *Revista Cubana de Salud Pública*, 35(3), 1-9.

Portales, L. (2014). Capital social y pobreza multidimensional, el caso de hogares pobres en Monterrey, México. *Convergencia. Revista de Ciencias Sociales*, 21(66), 41.

Prieto, A.M. (2017). SISTEMATIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA UNA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL CICLO URBANO DEL AGUA (Tesis doctoral). Universidad de Sevilla, España.

Quallenberg, I. (2012). LA DIFERENCIA ENTRE TECNOLOGÍA Y CIENCIA. *Iberóforum. Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana*, VII(14), 231-255.

Radisse, M. (2008). EXPERIENCIA DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS DE LA UPS EN LA AMAZONÍA. *Universitas, Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, 1(9), 131-133.

Raffo, E., y Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 71-80.

Ramalho, R.S. (2003). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Quebec, Canada: Reverté S.A.

Ramírez, A. y Sánchez, J.M. (2009). Enfoques de desarrollo sostenible y urbanismo. *Revista UNAM*, 10(7), 1-9.

Ramirez, A.G., Sanchez, P., y Cruz, A. (2015). Diagnóstico participativo para desarrollar un proyecto de turismo alternativo en la comunidad de Agiabampo, Huatabampo, Sonora, México. *Ra Ximhai*, 11(5), 159-163.

Ramirez, V., Quispe, A., Zapata, E., y Jimenez, L. (2015). LAS CAPACIDADES DE MUJERES RURALES EN LA SIERRA NEVADA DE PUEBLA. *Ra Ximhai*, 11(2), 31-40.

Razzeto, M. (1995). *Los caminos de la economía de la solidaridad*. Buenos Aires, Argentina: Lumen-Humanitas.

Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales. Diario Oficial de la Federación de los Estados Unidos Mexicanos, México, 12 de enero de 1994.

Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación de los Estados Unidos Mexicanos, México, 30 de mayo del 2000.

Rodríguez, J., García, C., y Pardo, J. (2015). Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. *Tecnura*, 19(46), 149-164.

Romero, M., Colín, A., Sánchez, E., y Ortiz, L. (2009). Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 25(3), 157-167.

Romero, M., Colín, A., Sánchez, E., y Ortiz, L. (2009). TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR UN SISTEMA PILOTO DE HUMEDALES ARTIFICIALES: EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE LA CARGA ORGÁNICA. *Revista Internacional de Contaminación*, 25(3), 158-160.

Rubim, M., Isolino, P.R., y Parolin, P. (2015). Biofilter efficiency of *Eichhornia crassipes* in wastewater treatment of fish farming in Amazonia: Eficiencia de *Eichhornia crassipes* como biofiltro en el tratamiento de aguas residuales de la piscicultura en el Amazonas. *Phyton*, 84(1), 244-251.

Rubio, A., Chica, E.L., y Peñuela, G.A. (2013). Procesos de tratamiento de aguas residuales para la eliminación de contaminantes orgánicos emergentes. *Ambiente & Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 8(3), 93-103.

Saavedra y Castillo (2014, 21 de abril). Experiencias locales en la gestión del agua. Gobernanza del agua y gestión integrada de los recursos hídricos en mancomunidades de municipios en Bolivia. Recuperado de https://assets.helvetas.org/downloads/experiencias_locales_en_gestion_del_agua.pdf

Salagado, I., Cárcamo, H., Martínez, A., Carballo, M.E., Cruz, M., y Durán M. del C. (2011). EFECTOS AMBIENTALES DE CONTAMINANTES QUÍMICOS EN LAS AGUAS: UNA PROPUESTA BIOTECNOLÓGICA PARA SU ELIMINACIÓN. *Revista Cubana de Química*, XXIII(3), 87-95.

Sánchez, R. (2007). *Capital social y posibilidades de desarrollo en los municipios*. Bolivia: Plural.

Sandoval, A., y Günther, M.G. (2013). LA GESTIÓN COMUNITARIA DEL AGUA EN MÉXICO Y ECUADOR: OTROS ACERCAMIENTOS A LA SUSTENTABILIDAD. *Ra Ximhai*, 1(1), 177-178.

Sangerman, D. M. de J., Espitia, E., Villaseñor, H.E., Ramírez, B., y Alberti, P. (2009). Estudio de caso del impacto de la transferencia de tecnología en trigo del INIFAP. *Agricultura Técnica en México*, 35(1), 24-25.

Secretaría de la Convención de Ramsar (2006, 22 de mayo). Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales. Recuperado de https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/lib_manual2006s.pdf.

Silva, P., y Madera, C. (2008). Reúso de aguas residuales domésticas en agricultura. *Una revisión. Agronomía Colombiana*, 26(2), 347-359.

Singer, P. (2001). Economía solidaria versus economía capitalista. *Revista semestral de Sociología*, 16(1), pp. 1-12.

Solano, E., Arzola, M., Durán, M., y Chacón, F. (2013). Modelo para transferencia de tecnología en empresas públicas. Caso de estudio: Siderúrgica Alfredo Maneiro SIDOR. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, III(10), 23-38.

Tabares, J., y Correa, S. (2014). Tecnología y sociedad: una aproximación a los estudios sociales de la tecnología. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad – CTS*, 9(26), 129.

Terreros, J., Olmos, A., Noyola, A., Ramírez, F., y Monroy, O. (2009). DIGESTIÓN ANAEROBIA DE LODO PRIMARIO Y SECUNDARIO EN DOS REACTORES UASB EN SERIE. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 8(2), 154-155.

Thompson, J.D. (2007). *Organizations in action. Social Science Bases of Administrative Theory*. United States of America: McGraw-Hill.

UNESCO (2014). Implementación de mejoras para la calidad del agua y la protección de servicios ecosistémicos. Programa de ONU-Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio (UNW-DPAC), 1-11.

UNESCO (2017, 23 de mayo). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002476/247647s.pdf>

Vargas Uribe, G. (2016). Estimación del producto interno bruto per cápita sectorial y regional para la Intendencia de Valladolid de Michoacán de la Nueva España (1803). *Economía y Sociedad*, XX(35), 107-136.

Vargas, G. (2002). Hacia una teoría del capital social. *Revista de Economía Institucional*, 4(6), 73.

Vásquez, S., y Gómez, G. (2006). Autogestión indígena en Tlahuitoltepec Mixe, Oaxaca, México. *Ra Ximhai*, 2(1), 151-169.

Vercelli, A. (2010). Reconsiderando las tecnologías sociales como bienes comunes. Iconos. *Revista de Ciencias Sociales*, 1(37), 55-64.

Zurita, F., Castellanos, O.A., y Rodríguez, A. (2011). El tratamiento de las aguas residuales municipales en las comunidades rurales de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(1), 141.

ANEXOS

ANEXO A. CUESTIONARIO DISEÑADO Y APLICADO EN LA COMUNIDAD DE SSEO CON CÓDIGO E1SSEO.



CUESTIONARIO ELABORADO POR: EDBERG DANIEL MARTÍNEZ JIMÉNEZ, ALUMNO DE LA MAESTRÍA EN GESTIÓN DE PROYECTOS PARA EL DESARROLLO SOLIDARIO DEL CIIDIR-IPN UNIDAD OAXACA (E1SSEO)

Objetivo: Realizar un diagnóstico del capital social, la percepción de la contaminación del agua, la cultura del factor hídrico y los conocimientos básicos del saneamiento del agua residual en la comunidad de San Sebastián Etna, Oaxaca.

Localidad:
Nombre:
Sexo:
Domicilio:

No. de Cuestionario:
Fecha:
Edad:

Indicaciones: marca con una **X** la respuesta seleccionada

1.- ¿Cómo considera su relación (convivencia) con los demás personas de la comunidad?

- Fuerte
- Mediana
- Débil

2.- ¿Cómo cree que es su relación con las autoridades municipales?

- Fuerte
- Mediana
- Débil

3.- ¿Se llevan a cabo tequios en su comunidad?

- Si
- No

5.- Si la respuesta a la pregunta anterior fue si, señale con qué frecuencia asiste.

- Siempre
- En ocasiones
- Casi nunca

6.- Si la respuesta a la pregunta anterior fue siempre o en ocasiones, indique por qué asiste a los tequios.

- Por cumplir con las autoridades
- Por apoyar a las demás personas
- Porque los tequios resuelven problemas existentes en la comunidad

7. En una obra de beneficio social ¿usted realizaría alguna aportación?

- Si
- No

4.- En caso de que la respuesta anterior haya sido si, mencione si asiste a los tequios.

- Si
- No

9.- ¿Participa en alguna organización o grupo para realizar actividades de beneficio comunitario?

- Si
- No

10.- ¿Cree que existan problemas en su comunidad relacionadas con la contaminación ambiental?

- Si
- No

11.- Si la respuesta anterior fue si, mencionar cuáles de acuerdo al recuadro siguiente.

- Contaminación de las calles por basura
- Contaminación del agua
- Contaminación del aire
- Malos olores causados por las aguas residuales

Otro _____

12.- ¿Tiene problemas de escasez de agua potable?

- Si
- No

13.- Si la respuesta anterior fue si, ¿a qué cree que se debe la escasez del agua?

- Para evitar generación excesiva de aguas residuales
- Por sequía de los pozos de agua
- Poco suministro de agua por las autoridades municipales

Otro _____

8. Si la respuesta a la pregunta anterior fue si, indicar de que tipo.

- Monetaria
- Guelaguetza (apoyo mutuo)
- Colaborando con realizar trabajos o actividades

14.- De una escala de **1** al **3** señale la prioridad de los siguientes problemas, considerando 1 como la mayor prioridad.

- Infraestructura para el saneamiento del agua
- Elaboración de un plan para el manejo de la basura de la comunidad
- Construcción de un panteón municipal

Otro _____

15.- ¿Está usted preocupado con la disponibilidad de agua en el futuro?

- Si
- No

16.- ¿considera importante el agua en las actividades dentro de la vivienda?

- Si
- No

17.- ¿Ha dado algunos de estos pasos para conservar agua?

- Regar menos el jardín
- Usar menos la lavadora de ropa
- Reparar las fugas o goteos
- Cerrar el grifo del agua mientras se cepilla los dientes

Otro _____

18.- ¿Por qué no realiza el saneamiento de sus aguas residuales generadas?

- Desconozco tecnologías existentes para el saneamiento del agua
- Por falta de asesoría técnica en el uso de tecnologías
- Por excesivo costos de las tecnologías
- Por desinterés

Otro _____

19.- ¿Conoce alguna tecnología para tratamiento de aguas residuales que se pueda implementar en su vivienda?

- Si
- No

20.- Si la respuesta anterior fue si, ¿Cuál de las siguientes tecnologías conoce?

- Biofiltro
- Baño seco
- Humedales artificiales
- Fosa séptica
- Ninguno

21.- ¿Cree que es necesario la construcción de infraestructura para resolver el saneamiento del agua en su comunidad?

- Si
- No

22.- Conoce si existen sanciones económicas en su comunidad por la descarga de aguas residuales al entorno

- Si
- No

23.- ¿Qué tipo de sanción consideraría por la descarga de aguas contaminadas sin tratamiento previo?

- Hacer labor de tequio
- Pago de multa económica
- Pago en especie

Otro: _____

24.- Le gustaría que el municipio implementará sanciones a quienes descargan sus aguas residuales sin tratamiento previo

- Si
- No

25.- ¿Asistiría a algún curso y/o taller para capacitarse en la construcción de tecnologías para el saneamiento del agua?

- Si
- No

26.- Si la respuesta a la pregunta anterior fue no, mencione el motivo por qué no asistiría.

- Por falta de tiempo.
- Por desinterés

Otro: _____

27.- Si la respuesta de la pregunta fue si, indicar el día y la hora en que pudiera asistir.

- Sábado y domingo por las tardes
- Sábado y domingo por las mañanas
- Entre semana por las tardes
- Entre semana por las mañanas

ANEXO B. ANALISIS DEL CUESTIONARIO POR EJE TEMATICO APLICADO EN LA COMUNIDA DE SSEO

Tabla 1. Preguntas en relación al eje temático de capital social.

EJE TEMATICO: CAPITAL SOCIAL						
Pregunta	FUERTE	MEDIANA	DÉBIL	SI	NO	
1.- ¿Cómo considera su relación (convivencia) con los demás personas de la comunidad?	30%	50%	20%			
2.- ¿Cómo cree que es su relación con las autoridades municipales?	25%	50%	25%			
3.- ¿Se llevan a cabo tequios en su comunidad?				77.5%	22.5%	
4.- En caso de que la respuesta anterior haya sido si, mencione si asiste a los tequios.						
5.- Si la respuesta a la pregunta anterior fue si, señale con qué frecuencia asiste.	Siempre					20%
	En ocasiones					80%
6.- Si la respuesta a la pregunta anterior fue siempre o en ocasiones, indique por qué asiste a los tequios	Por cumplir con las autoridades	13%				
	Por apoyar a las demás personas	22.5%				
	Porque los tequios resuelven problemas existentes en la comunidad	64.5%				
7.-En una obra de beneficio social ¿usted realizaría alguna aportación?				87.5%	12.5%	
8. Si la respuesta a la pregunta anterior fue si, indicar de que tipo.	Monetaria	25.7%				
	Guelaguetza (apoyo mutuo)	14%				
	Colaborando con realizar trabajos o actividades	60.3%				
9.- ¿Participa en alguna organización o grupo para realizar actividades de beneficio comunitario?				20%	80%	

Tabla 2. Preguntas en relación al eje temático de percepción de la problemática.

EJE TEMATICO: PERCEPCION DE LA PROBLEMÁTICA			
Pregunta	Si	No	
10.- ¿Cree que existan problemas en su comunidad relacionadas con la contaminación ambiental?	92.5%	7.5%	
11.- Si la respuesta anterior fue si, mencionar cuáles de acuerdo al recuadro siguiente.	Contaminación de las calles por basura		21.9%
	Contaminación del agua		40.6%
	Contaminación del aire		9.3%
	Todas las anteriores		21.9%
12.- ¿Tiene problemas de escasez de agua potable?	85%	15%	
13.- Si la respuesta anterior fue si, ¿a qué cree que se debe la escasez del agua?	Para evitar generación excesiva de aguas residuales	2.9%	
	Por sequía de los pozos de agua	76.4%	
	Poco suministro de agua por las autoridades municipales	20.7%	
	Infraestructura para el saneamiento del agua	32.5%	
	Construcción de un panteón municipal	7.5%	
	Elaboración de un plan para el manejo de la basura de la comunidad	7.5%	
14.- De una escala de 1 al 3 señale la prioridad de los siguientes problemas, considerando 1 como la mayor prioridad.	1.- Infraestructura para el saneamiento del agua		
	2.- Elaboración de un plan para el manejo de la basura de la comunidad	35%	
	3.- Construcción de un panteón municipal		

Tabla 3. Preguntas aplicadas en relación al eje temático de cultura del agua.

EJE TEMATICO: CULTURA DEL AGUA		
Pregunta	Si	No
15.- ¿Está usted preocupado con la disponibilidad de agua en el futuro?	97.5%	2.5%
16.- ¿Considera importante el agua en las actividades dentro de la vivienda?	100%	
17.- ¿Ha dado algunos de estos pasos para conservar agua?	Regar menos el jardín	15%
	Usar menos la lavadora de ropa	7.5%
	Reparar las fugas o goteos.	10%
	Cerrar el grifo del agua mientras se cepilla los dientes	12.5%
	Usar menos la lavadora de ropa, reparar las fugas o goteos y cerrar el grifo del agua mientras se cepilla los dientes	12.5%

Tabla 4. Preguntas aplicadas en relación al eje temático de saneamiento y tecnología.

EJE TEMATICO: SANEAMIENTO Y TECNOLOGIA		
PREGUNTA	Si	No
18.- ¿Por qué no realiza el saneamiento de sus aguas residuales generadas?	Desconozco tecnologías existentes para el saneamiento del agua	62.5%
	Por falta de asesoría técnica en el uso de tecnologías	17.5%
	Por excesivo costos de las tecnologías	10%
	Por desinterés	10%
19.- ¿Conoce alguna tecnología para tratamiento de aguas residuales que se pueda implementar en su vivienda?	37.5%	62.5%
20.- Si la respuesta anterior fue si, ¿Cuál de las siguientes tecnologías conoce?	Biofiltro	13%
	Baño seco	13%
	Humedales artificiales	0%
	Fosa séptica	60%
21.- ¿Cree que es necesario la construcción de infraestructura para resolver el saneamiento del agua en su comunidad?	100%	

Tabla 5. Preguntas aplicadas en relación al eje temático de normatividad en materia de aguas residuales.

EJE TEMATICO: NORMATIVIDAD		
Pregunta	Si	No
22- Conoce si existen sanciones económicas en su comunidad por la descarga de aguas residuales al entorno	25%	75%
24- Le gustaría que el municipio implementará sanciones a quienes descargan sus aguas residuales sin tratamiento previo	95%	5%
23.- ¿Qué tipo de sanción consideraría por la descarga de aguas contaminadas sin tratamiento previo?	Hacer labor de tequio	26%
	Pago de multa económica	73%
	Pago en especie	1%
24.- Le gustaría que el municipio implementará sanciones a quienes descargan sus aguas residuales sin tratamiento previo	95%	5%

Tabla 6. Preguntas en relación al eje temático de disposición a la capacitación en la construcción de tecnologías alternativas.

EJE TEMATICO: DISPOSICION A LA CAPACITACION			
Pregunta	Si	No	F
25.- ¿Asistiría a algún curso y/o taller para capacitarse en la construcción de tecnologías para el saneamiento del agua?	62.5%	37.5%	
26.- Si la respuesta a la pregunta anterior fue no, mencione el motivo por qué no asistiría.	Por falta de tiempo.		53%
	Por desinterés		47%
27.- Si la respuesta de la pregunta fue si, indicar el día y la hora en que pudiera asistir.	Sábado y domingo por las tardes	40%	
	Sábado y domingo por las mañanas	24%	
	Entre semana por las tardes	32%	
	Entre semana por las mañanas	4%	

ANEXO C. ENTREVISTA ESTRUCTURADA DISEÑADA Y APLICADA EN LA COMUNIDAD DE SSEO CON CÓDIGO EN1SSEO.



CLAVE: EN1SSEO

ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA ELABORADA POR: EDBERG DANIEL MARTÍNEZ JIMÉNEZ, ALUMNO DE LA MAESTRÍA EN GESTIÓN DE PROYECTOS PARA EL DESARROLLO SOLIDARIO DEL CIIDIR-IPN UNIDAD OAXACA.

Objetivo: identificar la percepción de los pobladores de San Sebastián Etla sobre la importancia del agua, su saneamiento y participación social en proyectos relacionados al factor hídrico.

1. ¿Cuántas familias viven en el predio?
2. ¿Cuántos miembros de su familia habitan su vivienda?
3. ¿Cuáles son los usos que le da al agua en sus actividades cotidianas?
4. ¿Qué cree usted que es el agua?
5. ¿Cuántos días a la semana dispone de agua del servicio público?
- 6.- ¿Es suficiente la cantidad de agua que recibe en su domicilio?
7. ¿Cómo considera que es la calidad del agua recibida?
8. ¿Qué piensa del echo que en su comunidad no haya sistema de drenaje, ni tratamiento de sus aguas residuales?
9. ¿Considera que el agua utilizada, genera o puede generar un problema de contaminación ambiental?
- 10.- ¿Cómo podría usted solucionar el problema del saneamiento del agua?
- 11.- ¿En que utilizaría el agua producto del tratamiento?
12. ¿Sabe usted de la probabilidad que existe que el agua pueda agotarse?
13. ¿Existe en su comunidad personas o grupo de personas que realicen acciones que resuelvan los problemas ambientales?

14.- ¿Cree usted que las autoridades son las responsables de realizar un proyecto para el saneamiento del agua?

15. ¿Participaría usted y/o su familia en la implementación de un sistema que trate el agua residual que genera en su domicilio sin remuneración alguna?

ANEXO D. ENTREVISTA ESTRUCTURADA DISEÑADA Y APLICADA EN LA COMUNIDAD DE SSEO CON CÓDIGO EN2SSEO.



CLAVE: EN2SSEO

ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA ELABORADA POR: EDBERG DANIEL MARTÍNEZ JIMÉNEZ, ALUMNO DE LA MAESTRÍA EN GESTIÓN DE PROYECTOS PARA EL DESARROLLO SOLIDARIO DEL CIIDIR-IPN UNIDAD OAXACA.

Objetivo: Identificar la disposición a la sensibilización en temas relacionados con el saneamiento del agua y la importancia a la implementación tecnológica.

- 1.- ¿Cree usted que existe la necesidad de implementar talleres de sensibilización acerca del uso del agua?
- 2.- ¿Asistiría a algún taller de uso y manejo adecuado del agua?
- 3.- ¿Qué porcentaje de la población estima que llegue?
- 4.- ¿Cuáles son los cursos que se ha implementado en su comunidad?
- 5.- ¿Dónde se han realizado los cursos ambientales en su localidad?
- 6.- ¿Cuál ha sido la estrategia del comité de ecología para sensibilizar a la población?
- 7.- ¿Cuál ha sido la respuesta posterior de la asistencia de la población en este tipo de cursos?
- 8.- Cuales son los cursos o talleres que se han promovió en la comunidad
- 9.- Cuenta con fosa séptica
- 10.- Con qué frecuencia hace el vaciado
- 11.- ¿Qué ventajas visualiza en la fosa séptica?
- 12.- Hay algún inconveniente comentado por las personas ante las fosas sépticas
- 13.- Quien cree que debería de resolver el problema el municipio o ustedes

ANEXO E. TABLAS DE COMPARACION DE DISEÑO PARA RAFA Y FAFA.

Tabla 1. Tiempo de residencia hidráulica recomendados para un RAFA de una altura de 4 metros para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Temperatura del agua residual (°C)	Tiempo de Residencia Hidráulica	
	Promedio diario	Mínimo (durante 4-6 horas)
16-19	10-14	7-9
22-26	7-9	5 -7
> 26	6-8	4-5

Fuente: MAPAS (2015)

Tabla 2. Velocidades de flujo ascendente recomendados para el diseño de reactores anaerobios de flujo ascendente que tratan aguas residuales domésticas

Gasto del afluente	Velocidad de flujo ascendente (m/h)
Flujo promedio	0.5-0.7
Flujo máximo	<0.9-1.1
Flujos picos temporales (*)	< 1.5

Fuente: MAPAS (2015)

Tabla 3. Principales criterios hidráulicos para el diseño de RAFA

Criterio/parámetro	Rango de valores, como una función de flujo		
	Qprom	Qmax	Qpico (*)
Carga hidráulica volumétrica (m ³ m ² d ⁻¹)	<4	<6	<7
Tiempo de retención hidráulica** (horas)	6-9	4-6	>3.5-4
Velocidad de flujo ascendente (mh ⁻¹)	0.5-0.7	<0.9-1.1	<1.5
Velocidad en la abertura para sedimentación (mh ⁻¹)	<2-2.3	<4-4.2	<5.5-6
Tasa de carga de superficie en el sedimentador (mh ⁻¹)	0.6-0.8	<1.2	<1.6
Tiempo de residencia hidráulica en el sedimentador (mh ⁻¹)	1.5-2	>1	>0.6

(*) Flujo pico con duración de 2 a 4 horas

(**) Temperatura de agua residual de 20° a 26° C

Fuente: MAPAS (2015)

Tabla 4. Criterios de diseño para reactores anaerobios de flujo ascendente (RAFA) que tratan agua residual doméstica

Criterio	Parámetros	Intervalos de valores
Altura	Reactor	Compartimento del digestor
	Compartimento del sedimentador	1.5 - 2m
	Compartimento del digestor	2.5 - 3.5 m
Remoción de DQO esperada	Remoción esperada para agua residual diluida	60 – 70%
	Remoción esperada para agua residual concentrada	80 – 90%
Distribución del afluente	Diámetro del tubo de distribución del afluente (mm)	75-100

	Diámetro de la desembocadura del tubo de distribución (mm)	40-50
	Distancia entre la parte superior del tubo de distribución y el nivel del agua en el sedimentador (m)	0.2-0.3
	Distancia entre la desembocadura y la parte inferior del reactor (m)	0.1-0.15
	Área de influencia de cada tubo de distribución (m ²)	2-3
Colector de biogás	Tasa de liberación mínima de biogás (m ³ /m ² *h)	1
	Tasa de liberación máxima de biogás (m ³ /m ² *h)	3-5
	Concentración de metano en el biogás (%)	70-80
Compartimento de sedimentación	La superposición de los deflectores de gas en relación con la abertura para el compartimento de la sedimentación (m)	0.1-0.15
	Pendiente mínima de las paredes del sedimentador (°)	45
	Pendiente óptima de las paredes del sedimentador (°)	50-60
	Profundidad del compartimento del sedimentador (m)	1.5-2
Colector del efluente	Inmersión del deflector de nata en el perforado de tubos de recolección (m)	0.2-0.3
	Número de vertedores triangulares (unidades/m ² del reactor)	1-2
Producción y del muestreo del lodo	Rendimiento de la producción de sólidos (kgSST/kgDQOaplicada)	0.1-0.2
	Rendimiento de la producción de sólidos, en términos de DQO (kgDQOlodo/kgDQOaplicada)	0.11-0.23
	Concentración de sólidos esperado en el exceso de lodo (%)	2-5
	Densidad del lodo (kg/m ³)	1020-1040
	Diámetro de las tuberías de descarga del lodo (mm)	100-150
	Diámetro de las tuberías de muestreo del lodo (mm)	25-50

Fuente: MAPAS (2015).

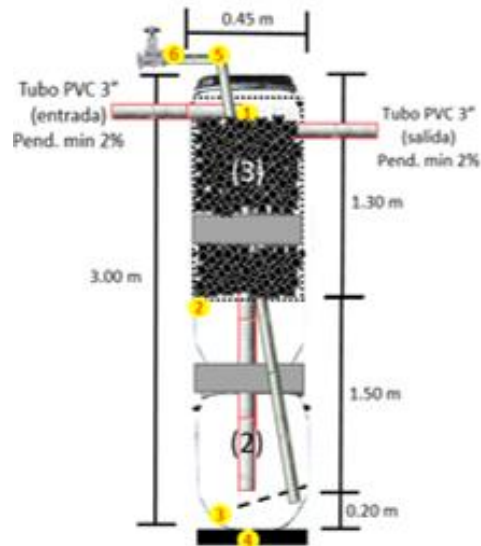
Tabla 5. Criterios de diseño para filtros anaerobios aplicables para el post tratamiento de efluentes de reactores anaerobios.

Parámetro de diseño	Rango de valores como una función del gasto		
	Q promedio	Q máximo diario	Q máximo horario
Medio de empaque	Piedra	Piedra	Piedra
Altura del medio filtrante (m)	0.8-3.0	0.8-3.0	0.8-3.0
Tiempo de residencia hidráulica (horas)	5-10	4-8	3-6

Carga hidráulica superficial (m ³ /m ² .d)	6-10	8-12	10-15
Carga orgánica volumétrica (Kg DBO/m ³ .d)	0.15-0.50	0.15-0.50	0.15-0.50
Carga orgánica en el medio filtrante (Kg DBO/m ³ .d)	0.25-0.75	0.25-0.75	0.25-0.75

Fuente: MAPAS (2015)

ANEXO F. TRIPTICO DEL REACTOR HIBRIDO UNIFAMILIAR (RHU)



(3) Filtro con material de: grava, anillos de PVC o PET.

Materiales	
3 tambos de 200 litros	Pegamento para PVC hidráulico
2 codos de PVC de 90° (1,5)	Cemento
1 tramo de PVC de 3"	Mortero
1 tramo de PVC de 2"	Arena
Malla de gallinero de 1/4" (2)	1 valvula de globo (8)
1 campana de gases de PVC hidráulico	Filtro de PVC hidráulico de 2"
Charola de acero inoxidable (3)	
Mano de Obra	
Excavación de 3 m profundidad * 2 m de largo	Repellado del biodigestor híbrido
Plantilla de concreto 10 cm de espesor (4)	

¿Pero... cómo funciona el biodigestor híbrido?

El **agua residual** generada en su casa es conducido a través de un tubo de PVC a un **registro sanitario (1)**, el cual sirve para recibir las aguas residuales y homogenizarlas, posteriormente es llevada de al **biodigestor híbrido** (Reactor (2) + Filtro (3)), quien se encarga de la **eliminación de contaminantes** a través de la acción de microorganismos para su posterior descarga (4).



Usos del agua tratada



I.Q. Edberg Daniel Martínez Jiménez
M.A. José Luis Cebalero Montes
Dr. Carlos Espinoza Nájera



Las aguas residuales son aquellas **generadas** en **actividades** cotidianas de la **casa** y llevan grasas, detergentes, materia orgánica y en llevan consigo sustancias **muuy tóxicas** para tu salud y el medio ambiente.

¿Qué es un biodigestor híbrido?

El **biodigestor híbrido** es un sistema para limpiar el agua, que usa el funcionamiento del **reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)** y el **filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)**, ambas tecnologías han sido **ampliamente utilizadas** para el tratamiento al agua contaminada en **México**.





VENTAJAS


1. Alta eficiencia en remoción de contaminantes de agua.
2. Construcción práctica.
3. Requiere de poco espacio
4. Facilidad de Mantenimiento.
5. Costos de operación y mantenimiento bajos.
6. No requiere de suministro de energía eléctrica.
7. Puede aplicarse a pequeña y gran escala.

DESVENTAJAS


1. El comienzo del proceso es lento y requiere de un periodo de 8 a 12 semanas.
2. Son susceptibles de perturbarse debido a sustancias toxicas
3. Requiere de un cambio anual del filtro
4. Requiere de vaciado de lodos de manera mensual

MANTENIMIENTO:
Abrir la válvula de globo (6) una vez por mes durante 1 minuto para vaciado de los lodos.

ANEXO G. CARTEL DE DIFUSION DEL REACTOR HIBRIDO UNIFAMILIAR (RHU)



BIODIGESTOR HIBRIDO PARA EL SANEAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA COMUNIDAD DE SAN SEBASTIAN ETLA, OAXACA



VENTAJAS

1. Alta eficiencia en la remoción de contaminantes del agua
2. Construcción práctica
3. Requiere de poco espacio
4. Facilidad de mantenimiento
5. Costos de operación y mantenimiento son relativamente bajos
6. No requiere del suministro de energía eléctrica
7. Puede aplicarse a viviendas y gran escala.

DESVENTAJAS

1. El contenido del reactor varía y requiere de un periodo de 4 a 12 semanas
2. Son susceptibles de perforación debido a condiciones locales
3. Requiere un cambio anual de filtro
4. Requiere un espacio de suelo vertical

OPCION 1: Riego de áreas verdes

OPCION 2: Infiltración (descarga en suelo)

OPCION 3: Descarga en subsuelo

¿QUE ES?

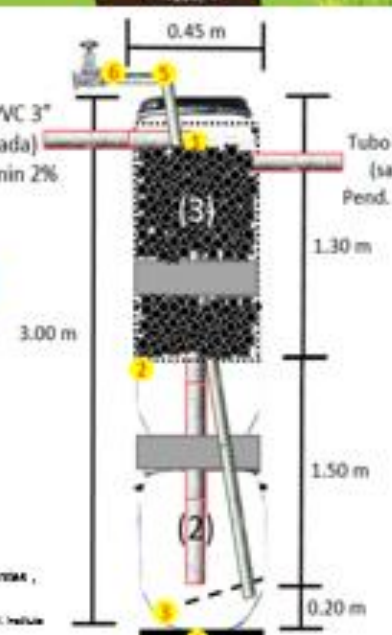
Es un sistema para limpiar el agua, que usa el funcionamiento del **reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)** y el **filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)**.

FUNCIONAMIENTO

El **agua residual** generada en su casa es conducido a través de un tubo de PVC a un **registro sanitario (1)**, el cual sirve para recibir las aguas residuales y homogenizarlas, posteriormente es llevada de al **biodigestor híbrido (Reactor (2) + Filtro (3))**, quien se encarga de la **eliminación de contaminantes** a través de la acción de microorganismos para su posterior **descarga (4)**.

Edberg Daniel Martínez Jiménez, José L. Caballero-Montes, Carlos Espinoza Nájera

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional © CDR, Unidad Oaxaca. Financ. 1200. Bv. Cruz Universidad, Oaxaca. CP 71221. E-mail: danielm@hidalgo.mx




MATERIALES

Pegamento para PVC hidráulico
Cemento
Mortero
Arena
1 válvula de globo (5)
Filtro de PVC hidráulico de 2"
3 tambos de 150 litros
2 codos de PVC de 90° (1,5)
1 tramo de PVC de 3"
1 tramo de PVC de 2"
Malla de galinero de 1/2" (2)
1 campana de gases de PVC hidráulico

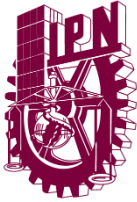
MANO DE OBRA

Excavación de 3 m profundidad * 2 m de largo
Excavación de 3 m de profundidad
Replado del biodigestor híbrido
Plantilla de concreto

COSTO:
\$2,900 M.N.



ANEXO H. CUESTIONARIO DISEÑADO Y APLICADO EN LA COMUNIDAD DE SSEO CON CÓDIGO ESSEO.



CUESTIONARIO ELABORADO POR: EDBERG DANIEL MARTÍNEZ JIMÉNEZ, ALUMNO DE LA MAESTRÍA EN GESTIÓN DE PROYECTOS PARA EL DESARROLLO SOLIDARIO DEL CIIDIR-IPN UNIDAD OAXACA.

CLAVE: ESSEO

Objetivo: Realizar una evaluación del conocimiento de la tecnología, las ventajas y desventajas, costo, implementación, confianza tecnológica y recurso didáctico.

Localidad:
Nombre:
Sexo:
Domicilio:

No. de Cuestionario:
Fecha:
Edad:

Indicaciones: marca con una **X** la respuesta seleccionada

1. ¿Había escuchado antes de un biodigestor híbrido?
() Si
() No
2. ¿Cómo se enteró de esta tecnología?
() Por el tríptico otorgado por el Instituto Politécnico Nacional
() Por las autoridades municipales
3. ¿Qué le parece esta propuesta tecnológica para resolver su problemática de las aguas residuales?
() Mala
() Regular
() Buena
4. Utilizaría el biodigestor híbrido para sanear sus aguas residuales
() Si
() No
5. Si la respuesta anterior fue si entonces ¿recomendaría el biodigestor híbrido para que otras personas lo implementen en su vivienda?
() Si
() No
6. Si la pregunta anterior fue no porque no recomendaría esta tecnología
() Me parece muy costosa
() No me parece funcional
() Creo que hay otras alternativas más factibles
() Por desconocimiento
7. ¿Cuáles son las desventajas que observa del biodigestor híbrido?
() Excavación profunda para la colocación de la tecnología.
() Demasiada área para la colocación del sistema (contenedores y tuberías).
() Que limpie el agua después de 4 semanas.
() Mantenimiento (expulsión de lodos de fondo) mensual.

- 8.** ¿Le gustaría que el agua tratada del biodigestor hibrido pudiera usarse para alguna actividad adicional a la descarga en suelo o áreas verdes?
- () Si
() No
- 9.** Si la pregunta anterior fue si ¿en qué le gustaría usar el agua residual tratada?
- () Para limpiar la casa
() Para descargarse al drenaje
() Para limpiar las calles
- 10.**Cuál de las siguientes ventajas le parece más atractiva de este biodigestor hibrido
- () Construcción practica
() Requiere poco espacio
() Facilidad de mantenimiento
- 11.** ¿Estaría usted dispuesto a invertir para construir un biodigestor hibrido en su vivienda?
- () Si
() No
- 12.** En caso de la pregunta anterior no ¿Por qué no invertiría en esta tecnología?
- () Por qué cuento con fosa séptica
() Por qué cuento con un biodigestor
() Por desconfianza a la tecnología
- 13.** ¿Cree usted que los materiales del biodigestor hibrido son accesibles?
- () Si
() No
- 14.** ¿Que considera usted que haría falta para su implementación?
- () Cursos y talleres de sensibilización en el uso del agua
() Obras drenaje
() Implementación de otras tecnologías para el saneamiento del agua
- 15.** ¿Qué piensa que le hace falta a esta propuesta tecnológica?
- () Mostrar resultados de que tanto la tecnología pueda limpiar el agua
() Construirlo previamente en una vivienda de la comunidad
() Construir un prototipo de esta tecnología
- 16.** ¿Le gustaría recibir capacitación en la construcción del biodigestor hibrido?
- () Si
() No
- 17.** Si la respuesta a la pregunta anterior fue no, ¿por qué razón no le gustaría recibir la capacitación?
- () Por falta de interés
() Por falta de tiempo
() No lo considero necesario
- 18.** ¿Considera que esta tecnología puede construirse con la participación de las familias en sus viviendas?
- () Si
() No
- 19.** ¿Le gustaría que existiera un proyecto de construcción del biodigestor hibrido en conjunto con las autoridades municipales?
- () Si
() No
- 20.** ¿Cree que las autoridades municipales ayudarían en solventar los costos para implementar el biodigestor hibrido en sus viviendas?
- () Si
() No
- 21.** ¿Esta propuesta cambia la confianza que tiene con instituciones académicas?
- () Si
() No

22. ¿La información del tríptico fue fácil de entender?

- Si
- No

23. ¿Cómo considera que es el tipo de lenguaje usado en el tríptico?

- Sencillo
- Técnico
- Ni tan sencillo ni tan técnico

24. La difusión fue clara en el tríptico, se describió claramente la tecnología en el tríptico

- Si
- No