



HACIA SISTEMAS SOSTENIBLES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Implementando el Enfoque Nexos
en Dos Casos en América Latina



Las opiniones expresadas en esta publicación son las de sus autores.

La publicación no implica que la Universidad de las Naciones Unidas respalde ninguna de las opiniones expresadas.

Los autores son responsables de asegurar que todas las figuras, tablas, textos y materiales de apoyo sean citados correctamente y se obtuvieron los permisos necesarios.

**Universidad de las Naciones Unidas, Instituto para la Gestión
Integral de Flujos Materiales y de Recursos (UNU-FLORES)**

Ammonstrasse 74, 01067 Dresden, Alemania

Tel.: + 49-351 8921 9370

Fax: + 49-351 8921 9389

Email: flores@unu.edu

Copyright UNU-FLORES 2019

Diseño & Maquetación: Claudia Matthias

Fotos de portada: Laura Ferrans/UNU-FLORES (izquierda), Lucia Benavides/UNU-FLORES (derecha)

ISBN: 978-3-944863-82-5

Esta publicación debe ser citada como:

"Avellán, Tamara, Lucia Benavides, Serena Caucci, Angela Hahn, Sabrina Kirschke, y Andrea Müller. 2019. *Towards Sustainable Wastewater Treatment Systems: Implementing a Nexus Approach in Two Cases in Latin America*. Case Study Report. Dresden: United Nations University Institute for Integrated Management of Material Fluxes y of Resources (UNU-FLORES)."

HACIA SISTEMAS SOSTENIBLES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

IMPLEMENTANDO EL ENFOQUE NEXO EN DOS CASOS EN AMÉRICA LATINA

Autores (en orden alfabético):

Tamara Avellán, Lucía Benavides, Serena Caucci, Angela Hahn,
Sabrina Kirschke, Andrea Müller

Agradecimientos

UNU-FLORES desea agradecer al Ministerio Alemán de Educación e Investigación (Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)) que financió el proyecto SludgeTec, y al Centro Aeroespacial Alemán (Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR)) que administró la implementación del proyecto.

Muchas gracias al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Guatemala (CONCyT) que brindó apoyo a los investigadores de la Universidad de San Carlos de Guatemala y financió, en parte, el Taller de Evaluación en Panajachel, y al Fideicomiso de Infraestructura Ambiental para los Valles de Hidalgo, México (FIAVHI) que brindó apoyo a la participación de los interesados mexicanos en el Taller de Evaluación en Panajachel y financió, en parte, el taller de Capacitación I y el Taller de Clausura y sirvió de sede para ambos eventos.

Los autores desean agradecer a los socios del proyecto de México y Guatemala, Ing. Jorge Cifuentes (USAC), e Ing. Carlos Paillés (FIAVHI), y sus respectivos equipos, sin los cuales este proyecto no podría haberse realizado y que contribuyó significativamente a la planificación, entrega y éxito del proyecto.

Además, nos gustaría agradecer a nuestros socios del proyecto en la Universidad Técnica de Dresde (Technische Universität Dresden (TUD)) y a la Asociación Alemana de Agua, Aguas Residuales y Residuos (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA)), que han invertido mucho tiempo y trabajo en forma de contribuciones pagadas y en especie para la implementación del proyecto y sus actividades.

Muchas gracias cordiales a las Autoridades Municipales de Panajachel y Tepeji, quienes nos recibieron calurosamente en sus Municipios y apoyaron amablemente nuestra investigación.

Un agradecimiento especial a todas las partes interesadas que compartieron su valioso conocimiento con nosotros, invirtiendo mucho tiempo para hacernos comprender las realidades sociales de Panajachel y Tepeji, aceptando ser entrevistadas y participar en los talleres. Un agradecimiento particular al Club Rotario de la región del Lago de Atitlán que patrocinó a uno de sus miembros, Enrique Cosenza, para participar en el Taller de Clausura en México.

Muchas gracias también a los miembros del equipo de USAC, FIAVHI, TUD y UNU-FLORES, que han realizado una ardua labor tanto en términos de contenido, organización y logística.

Deseamos agradecer a Laura Ferráns, Néstor de la Paz, León Zimmermann, Ana Lilia Velasco Cruz, Emma Muñoz Alvarado, por su trabajo preliminar y continuo en los sitios piloto, así como a Guido Bartolini por su apoyo en todas las tareas.

Finalmente, deseamos agradecer al equipo de Comunicación y Promoción de UNU-FLORES por el excelente trabajo realizado en la edición y el diseño de este documento y por otros productos de comunicación que se produjeron durante el proyecto SludgeTec.

Índice

Resumen Ejecutivo.....	1
1. El proyecto SludgeTec y su Enfoque.....	3
1.1 Antecedentes de los Casos de Estudio.....	6
1.2 Metodología General.....	8
2. Definición del Problema de Nexo.....	10
2.1 Descripción de la PTAR de Panajachel.....	12
2.2 Descripción de la PTAR de Tepeji.....	14
3. Definición del Alcance del Trabajo.....	16
3.1 Límites y Modelación del Sistema.....	16
3.2 Supuestos del Proyecto.....	17
4. Métodos para identificar Alternativas Nexo.....	18
4.1 Evaluación de la Sostenibilidad.....	18
4.1.1 Construcción de una Base de Datos para la Evaluación de la Sostenibilidad.....	18
4.1.2 Evaluación de la Sostenibilidad.....	20
4.2 Análisis de las Partes Interesadas.....	22
4.2.1 Identificación de las Partes Interesadas.....	23
4.2.2 Diferenciación y Categorización de las Partes Interesadas.....	23
4.2.3 Investigación de las Relaciones entre las Partes Interesadas.....	24
4.3 Análisis de la Retorsión del Sistema.....	24
5. Resultados para Identificar las Alternativas Nexo.....	26
5.1 Evaluación de la Sostenibilidad.....	26
5.2 Análisis de las Partes Interesadas.....	30
5.2.1 Identificación de las Partes Interesadas.....	30
5.2.2 Diferenciación y Categorización de las Partes Interesadas.....	30
5.2.3 Investigación de las Relaciones entre las Partes Interesadas.....	32
5.3 Análisis de la Retorsión del Sistema.....	38
6. Discusión sobre Opciones de Solución y Orientaciones para la Acción.....	42
6.1 Mejora del Rendimiento de las PTAR para la protección del Medio Ambiente.....	43
6.2 Mejora de la Toma, Almacenamiento e Intercambio de Datos.....	48
6.3 Fortalecimiento de las Redes Sociales.....	49
6.4 Otras Estrategias para la Gestión y la Gobernanza.....	51
6.4.1 Estrategias de Gestión.....	51
6.4.2 Estrategias de Gobernanza.....	52
7. Observaciones Finales.....	53
8. Bibliografía.....	56

Anexo 1: Base de Datos Extendida	A-1
Anexo 2: Resumen del Conjunto de Datos Específicos del Sitio	A-18
a. Base de datos específica de sitio (Panajachel)	A-19
b. Base de datos específica de sitio (Tepeji)	A-27
Anexo 3: Resumen de las Reuniones para la Toma de Datos	A-35
Anexo 4: Variables Muestreadas	A-36
Anexo 5: Cuestionario	A-38
Anexo 6: Lista de Poseedores de Datos	A-46
Anexo 7: Lista de Items y Variables	A-48
a. Items y Variables para la Evaluación de la Sostenibilidad (Panajachel)	A-48
b. Items y Variables para la Evaluación de la Sostenibilidad (Tepeji)	A-52
Anexo 8: Lista de Variables y Umbrales	A-56
a. Variables y Umbrales (Panajachel)	A-56
b. Variables y Umbrales (Tepeji)	A-59
Anexo 9: Valores Umbrales	A-62
a. Valores Umbrales (Panajachel)	A-62
b. Valores Umbrales (Tepeji)	A-65
Anexo 10: Lista de Partes Interesadas	A-67
a. Lista de Partes Interesadas (Panajachel)	A-67
b. Lista de Partes Interesadas (Tepeji)	A-69
c. Traducción de la Lista de Partes Interesadas	A-70
Anexo 11: Gráficos de Redes Sociales	A-73
a. Gráficos de Redes Sociales (Panajachel)	A-73
b. Gráficos de Redes Sociales (Tepeji)	A-76
Anexo 12: Resultados de la Evaluación de la Sostenibilidad	A-79
a. Resultados de la Evaluación de la Sostenibilidad (Panajachel)	A-79
b. Resultados de la Evaluación de la Sostenibilidad (Tepeji)	A-81
Anexo 13: Retorsión	A-83
a. Grado de Resolución de Problemas (Panajachel)	A-83
b. Grado de Resolución de Problemas (Tepeji)	A-83
Anexo 14: Perfiles de los Expertos	A-84

Lista de Figuras

Figura 1.1: El enfoque UNU-FLORES Nexo – basado en un ciclo tradicional de gestión de proyectos en el que cada paso lleva adherido un conjunto de criterios relevantes para el nexo (Avellán et al. 2018).....	3
Figura 1.2: Organigrama del proyecto SludgeTec.....	5
Figura 1.3: Resumen de la situación general en Panajachel con respecto a las aguas residuales.....	6
Figura 1.4: Resumen de la situación general en Tepeji con respecto a las aguas residuales.....	7
Figura 1.5: Todas las fases realizadas dentro del proyecto SludgeTec siguen las fases iniciales del enfoque Nexo (sombreado en gris); (Nota: Todas las fases se acometieron de una manera inter- y /o transdisciplinaria).....	9
Figura 2.1: Dibujos de diferentes visiones sobre las posibles soluciones como un medio de expresar los problemas de fondo (tomado de Caucci y Hettiarachchi (2017)).....	10
Figura 2.2: Dibujos de los participantes de Panajachel representando los impactos de las aguas residuales sobre su medio ambiente (tomado de UNU-FLORES (2018)).....	11
Figura 2.3: Plano de la PTAR de Panajachel, Guatemala (de Ferrans (2017), modificado de AMSCLAE (n.d.)).....	12
Figura 2.4: Lechos de secado en Los Cebollales, Panajachel, Guatemala (Foto: Laura Ferrans/UNU-FLORES).....	13
Figura 2.5: Esquema de los tratamientos primario y secundario de la PTAR de Tepeji, México (tomado de Zimmermann (2018), cortesía del FIAVHI).....	14
Figura 2.6: Humedales artificiales en la PTAR de Tepeji, México (Foto: Lucia Benavides/UNU-FLORES).....	15
Figura 3.1: Modelo multiescalar.....	17
Figura 3.2: Componentes del proceso de investigación transdisciplinario del problema nexo sobre la insostenibilidad del tratamiento y gestión de las aguas residuales (adaptado de Scholz y Steiner (2015)).....	18
Figura 4.1: Creación de las estructuras para la base de datos extendida y la base de datos específica de sitio.....	19
Figura 4.2: Flujo de trabajo para la fase de evaluación de la sustentabilidad.....	20
Figura 4.3: Fuentes de información para la recopilación de variable en Panajachel y Tepeji.....	21

Figura 4.4: Tipologías y métodos para el análisis de las partes interesadas aplicado en el proyecto SludgeTec (basado en Reed et al.(2009: 1936)).....	23
Figura 4.5: Representación general de la retorsión global de un problema (reproducido de Caucci y Hettiarachchi (2017)).....	25
Figura 5.1: Resumen de las partes interesadas identificadas según categoría para Panajachel, Guatemala.....	30
Figura 5.2: Resumen de las partes interesadas identificadas según categoría para Tepeji, México.....	31
Figura 5.3: Grado de resolución del problema en Panajachel y Tepeji para las categorías de gestión (0 = bajo grado, 3 = alto grado).....	38
Figura 5.4: Grado de resolución del problema en Panajachel y Tepeji para las categorías de retorsión (0 = bajo grado, 3 = alto grado).....	38
Figura 7.1: Cumplimiento del Enfoque Nexa subordinado a la ejecución de los pasos 4 y 5 (resaltado en verde).....	54

Lista de Tablas

Tabla 1:	Criterios para seleccionar/priorizar variables.....	19
Tabla 2:	Información recopilada e informatizada para Panajachel y Tepeji (reproducido de Benavides et al. (2019)).....	26
Tabla 3:	Evaluación de la sostenibilidad usando el enfoque de distancia al objetivo para Panajachel y Tepeji (adaptado de Benavides et al. (2019)).....	27
Tabla 4:	Agrupación de partes interesadas en Panajachel y Tepeji.....	33

Lista de Acrónimos

Acronym	Definition
AMSA	Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca de Lago de Amatitlán (Authority for the Sustainable Management of Amatitlán Lake Basin)
AMSCLAE	Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno (Authority for the Sustainable Management of the Atitlán Lake Basin y its Surroundings)
ANACAFE	Asociación Nacional del Café Guatemala (National Coffee Association of Guatemala)
CAAMTROH	Comisión de Agua y Alcantarillado del Municipio de Tepeji del Río de Ocampo, Hidalgo (Water y Sewerage Commission of the Municipality of Tepeji del Río de Ocampo, Hidalgo)
CAMTUR	Cámara del Turismo de Guatemala (Chamber of Tourism of Guatemala)
COCODE	Consejos Comunitarios de Desarrollo Urbano y Rural (Community Councils for Urban y Rural Development)
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua (National Water Comission)
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas (National Council of Protected Areas)
DBO	Demanda Biológica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Food y Agiculture Organization of the United Nations)
FIAVHI	Fideicomiso de Infraestructura Ambiental de los Valles de Hidalgo (Environmental Infrastructure Trust of the Valleys of Hidalgo)
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Ministry of Environment y Natural Resources)
NT	Nitrógeno Total
PAMI	Programa de Atención, Movilización e Incidencia por la Niñez y Adolescencia (Program for Attention, Mobilization y Advocacy for Children y Adolescents)
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
SA	Evaluación de la Sostenibilidad
SEGEPLAN	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (Secretariat of Planning y Programming of the Presidency)
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México (National Autonomous University of México)
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala (University of San Carlos of Guatemala)
WEF NEXUS	Nexo Agua-Energía-Alimento (Water-Energy-Food Nexus)
WHO	Organización Mundial de la Salud (OMS - World Health Organization)
WSW NEXUS	Nexo Agua-Suelo-Residuos (Water-Soil-Waste Nexus)

Resumen Ejecutivo

El objetivo general del proyecto SludgeTec ha sido diseñar alternativas sostenibles de tratamiento y gestión de aguas residuales mediante el trabajo conjunto de expertos internacionales y las partes locales interesadas en dos áreas piloto en América: la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Los Cebollales en Panajachel, Lago Atitlán, Guatemala y la PTAR de Tlaxinacalpan en Tepeji, Estado de Hidalgo, México. El proyecto aplicó un enfoque Nexo para examinar el problema de la gestión de las aguas residuales y las respectivas soluciones desde tres puntos de vista metodológicos (1) mediante una evaluación de la sostenibilidad (2) mediante un análisis de las partes interesadas, y (3) mediante un análisis de la retorsión aplicándose continuamente los enfoques de inter y trans-disciplinariedad.

En ambos casos, las partes interesadas identificaron el tema del tratamiento de las aguas residuales como una de las principales causas de impacto ambiental, en particular el sufrido en los lagos cercanos. Las partes interesadas determinaron además que mejorar el tratamiento local de aguas residuales y la concienciación ambiental de la población podría mejorar la situación ambiental y proteger o mejorar las fuentes de ingresos en la zona de los lagos a través de la pesca y el turismo. Utilizamos el pensamiento sistémico para determinar con más detalle el alcance del problema y usamos un enfoque multiescalar para evaluar los múltiples límites de estos sistemas interconectados.


Ambos casos de estudio muestran sistemas de tratamiento de aguas residuales insostenibles, una parte interesada fragmentada y un alto grado de retorsión. La sostenibilidad de la PTAR Los Cebollales, Panajachel, Guatemala, indica un nivel medio-bajo de sostenibilidad. Todas las dimensiones muestran un rendimiento medio (amarillo), excepto la dimensión económica, en la que la evaluación es baja (roja). El nivel de sostenibilidad de la PTAR de Tlaxinacalpan, Tepeji, México muestra un rendimiento de moderado a bueno en las dimensiones disponibles. Sin embargo, no se pudieron evaluar las variables económicas en este caso ya que faltaban datos para las variables identificadas con umbrales.

Para la PTAR Los Cebollales de Panajachel se identificaron 31 partes interesadas, que pueden afectar o pueden ser afectados por ella. Aplicando el muestreo de bola de nieve en campo, la lista final consta de 62 partes interesadas. Para Tepeji se identificaron 12 partes interesadas y la lista final asciende a 17. Tanto en Guatemala como en México, la disponibilidad de información es limitada. La información existente en forma de documentos y datos, se centra sólo en unos pocos interesados clave y, en la mayoría de los casos, aquellos que tienen mucha información rara vez comparten la información con otros interesados. El conocimiento del status-quo del sistema de tratamiento de aguas residuales está altamente fragmentado y los interesados con la mayor cantidad de información no son necesariamente los que toman las decisiones. Las partes interesadas que podrían tener un impacto en la toma de decisiones a menudo carecen de información, ya que la mayoría de la información es inaccesible para ellos.

A partir de los resultados obtenidos en los talleres, las cuestiones sobre el “Uso seguro de las aguas residuales en el Valle del Mezquital” y la “Gestión de las aguas residuales en Guatemala”, parecen ser altamente retorcidos. Este hecho se fundamentaría sobre la base de un conflicto de objetivos, la complejidad del sistema y la incertidumbre con respecto a la información. Además, nuestros análisis revelan que los procesos de planificación en ambos sitios piloto solo abordan la retorsión del problema de forma muy limitada.

Los anexos presentados en este reporte corresponden a los anexos originales del proyecto (en inglés), sin embargo, la numeración y el contenido respectivo están organizados de acuerdo al índice de esta versión.

Para pasar de los actuales sistemas y plantas de tratamiento de aguas residuales insostenibles a otros más sostenibles, las partes interesadas clave y primarias identificadas en base a (1) el intercambio de información (2) la toma de decisiones y (3) el grado de sostenibilidad de la solución deben reunirse para a) evaluar sus conflictos de intereses y buscar formas de mediar o superarlos, y b) reducir el nivel de incertidumbre de la información, compartiendo la misma entre ellos, así como con actores secundarios y terciarios. Posteriormente, estas mismas partes interesadas deben considerar mejorar su nivel de buena planificación para el problema del tratamiento de aguas residuales al comenzar a invertir en las áreas identificadas como de bajo rendimiento en la evaluación de sostenibilidad.

 Sugerimos que se consideren las siguientes orientaciones para la acción:

- a. mejorar el rendimiento medioambiental de las plantas de tratamiento;
- b. mejorar la recopilación, el almacenamiento y el intercambio de datos;
- c. fortalecer las redes sociales;
- d. estrategias adicionales de gestión y gobernanza.

Los anexos presentados en este reporte corresponden a los anexos originales del proyecto (en inglés), sin embargo, la numeración y el contenido respectivo están organizados de acuerdo al índice de esta versión.

1. El Proyecto SludgeTec Project y su Enfoque

El tratamiento de las aguas residuales y su posterior descarga (o uso) involucra diversos procesos y estrategias de gestión que tienen como objetivo la reducción del contenido de contaminantes vertidos en el medio ambiente. De esta manera, los sistemas de tratamiento de aguas residuales pueden contribuir a varios aspectos además de al saneamiento y a la salud. Las plantas para el tratamiento de las aguas residuales (PTAR) también pueden ser proveedoras de recursos como biogás, agua para riego y fertilizantes (lodos estabilizados). Por lo tanto, este tipo de procesos requieren una comprensión multidimensional que vaya más allá de los aspectos técnicos y que considere las interacciones e impactos conjuntos a nivel social, económico y medioambiental, apoyando una gestión que conduzca a un desarrollo sostenible.

En la actualidad, lo que se necesita con urgencia son alternativas sostenibles de tratamiento de aguas residuales para ciudades pequeñas y medianas. Éstas no sólo deben ser rentables, sino que también deben de poder integrarse en la realidad económica local para generar ingresos. Los enfoques participativos y el co-diseño¹ pueden respaldar la implementación de soluciones sostenibles en el marco del Enfoque Nexo de la UNU-FLORES para la gestión integrada de agua, suelo y residuos² (WSW Nexus) (Figura 1.1). Uno de los objetivos decididos por la comunidad global dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible es proporcionar agua limpia y acceso a un saneamiento seguro para todos (ODS 6.2) (ONU,2015).

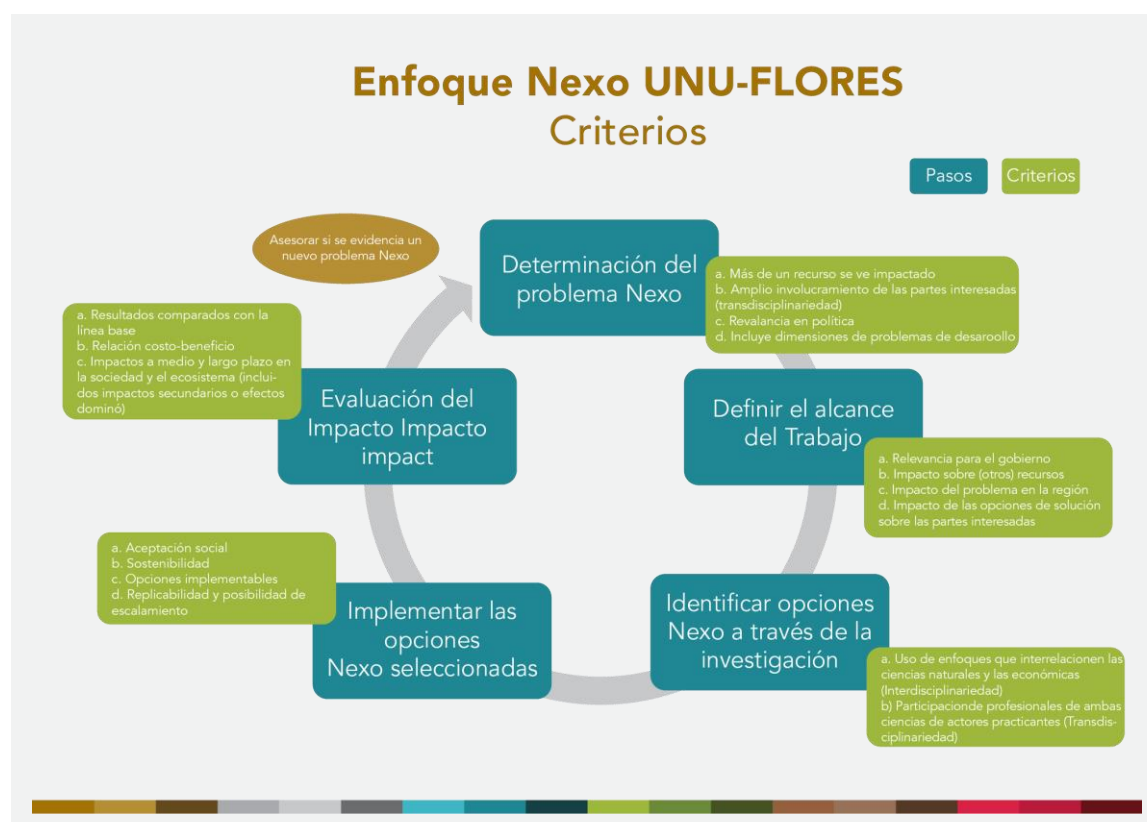


Figura 1.1: El enfoque UNU-FLORES Nexo – basado en un ciclo tradicional de gestión de proyectos en el que cada paso lleva adheridos un conjunto de criterios relevantes para el nexo (Avellán et al. 2018)

¹ Definido como "un proceso de desarrollo en el que el cliente y el proveedor idean, elaboran y crean colectivamente una especificación de diseño para un producto"

² El nexo agua-suelo-residuos se define como la gestión de "recursos ambientales" que examina la interrelación e interdependencias de los recursos ambientales y sus transiciones y flujos a través de escalas espaciales y entre compartimientos.

Comprender las condiciones actuales es clave para un diseño, planificación y gestión de proyectos exitosos. La información de la línea base también es clave para evaluar el éxito del proyecto o el cambio en el tiempo de las variables dadas, ya que, sin un punto de partida, es imposible realizar comparaciones del tipo “antes y después” (Ghodeif 2013). Además, determinar y definir colectivamente un problema puede ser muy útil a la hora de informar e involucrar a los interesados, siendo una manera efectiva de recopilar y centralizar datos que de otro modo estarían dispersos, de evaluar la disponibilidad de datos para un tema determinado y, con el tiempo, de socializar el conocimiento. La falta de una descripción completa de un problema, o de datos e información sobre el mismo, puede dar lugar a una imagen incompleta de la situación actual y, por lo tanto, al desarrollo de alternativas de solución incompletas que no consideran todos los aspectos de la sostenibilidad.

Sin embargo, el simple hecho de saber el estado de un sistema no proporciona soluciones evidentes. Es necesario aplicar procedimientos que analicen minuciosamente el problema, así como métodos que indiquen los procesos de cambio. El proyecto SludgeTec, una asociación multinacional³ (Figura 1.2), apuntó a que expertos internacionales y partes interesadas locales diseñaran conjuntamente alternativas sostenibles de tratamiento y gestión de aguas residuales para dos sitios piloto en América: la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Los Cebollales en Panajachel, Lago de Atitlán, Guatemala y la PTAR de Tlaxinacalpan en Tepeji, Estado de Hidalgo, México. La investigación se llevó a cabo de manera transdisciplinar entre noviembre de 2017 y febrero de 2019. Para este proyecto, definimos la transdisciplinariedad como la inclusión intensiva de profesionales en el proceso de investigación (Zscheischler y Rogga 2015; Head y Xiang 2016).

³ Entre el Instituto para la Gestión Integrada de Flujos Materiales y de Recursos de la Universidad de las Naciones Unidas (UNU-FLORES), la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), el Fideicomiso de Infraestructura Ambiental de los Valles de Hidalgo (FIAVHI) en Tepeji, México, y la Universidad Técnica de Dresde (TUD).

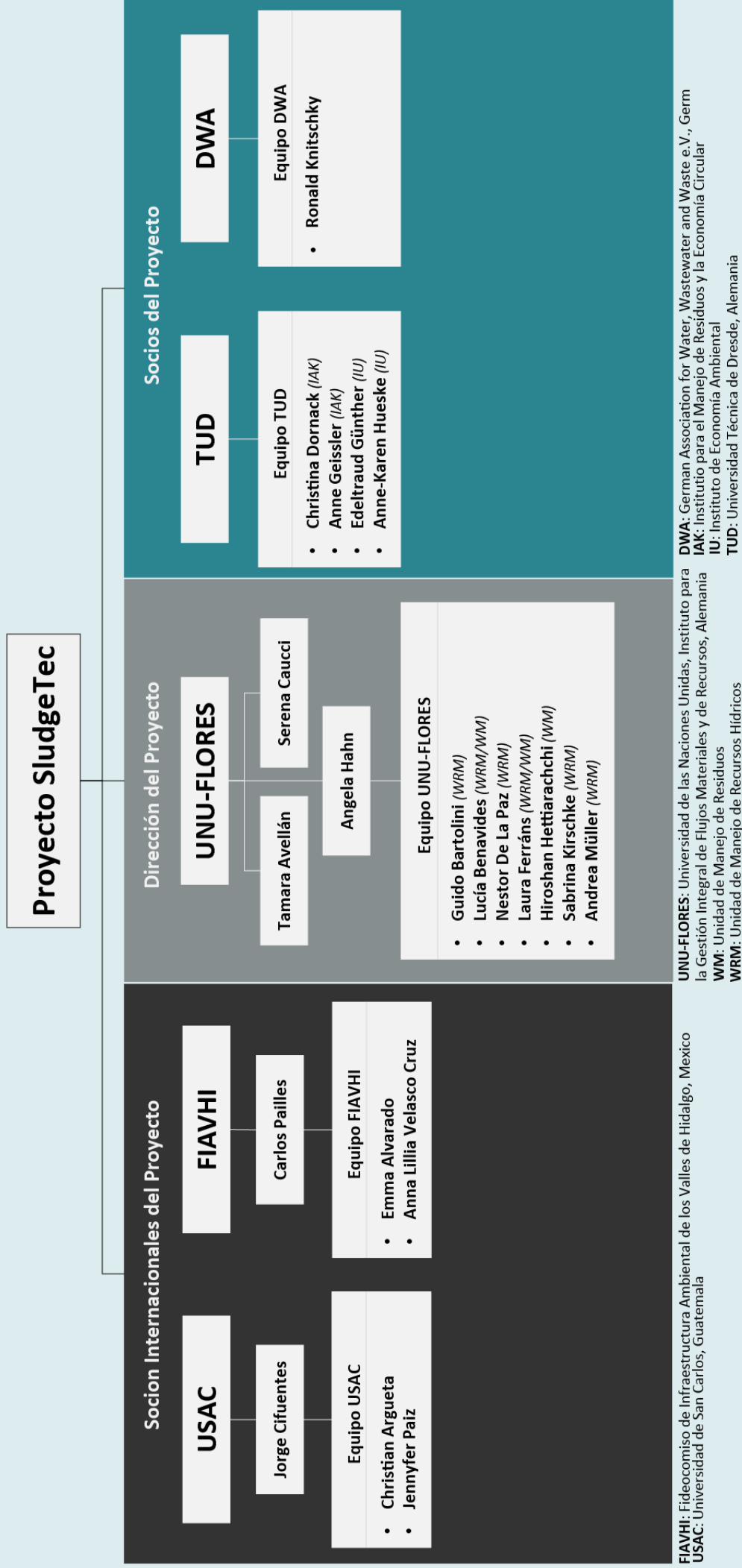


Figura 1.2: Organigrama del proyecto SludgeTec



1.1. Antecedentes de los casos de estudio

En la **cuenca del lago Atitlán**, el 55% de la comunidad está conectada a un sistema de alcantarillado y el 45% restante utilizan letrinas, fosas sépticas o pozos filtrantes (Ferráns et al. 2018). En el área de producción de aguas residuales, se generan 45.500 m³ de aguas residuales cada día en la cuenca, y sólo aproximadamente el 20% recibe tratamiento (Ferráns et al. 2018). Además, en las PTAR existentes, uno de los desafíos más importantes es su bajo rendimiento con respecto a la eliminación de patógenos y nutrientes. Las PTAR se enfrentan, entre otros, a problemas operacionales y de mantenimiento (Ferráns et al. 2018). Los cuellos de botella más comunes son la falta de laboratorios, de capacitación técnica constante, de un plan de manejo de subproductos, de personal y de suministros, de manuales de operación y de mantenimiento, y la baja disposición a pagar por parte de los usuarios (Ferráns et al. 2018). La Figura 1.3 ofrece una visión de la situación general del estudio de caso para la planta de tratamiento de aguas residuales de Cebollales en Panajachel, Lago Atitlán, Guatemala.

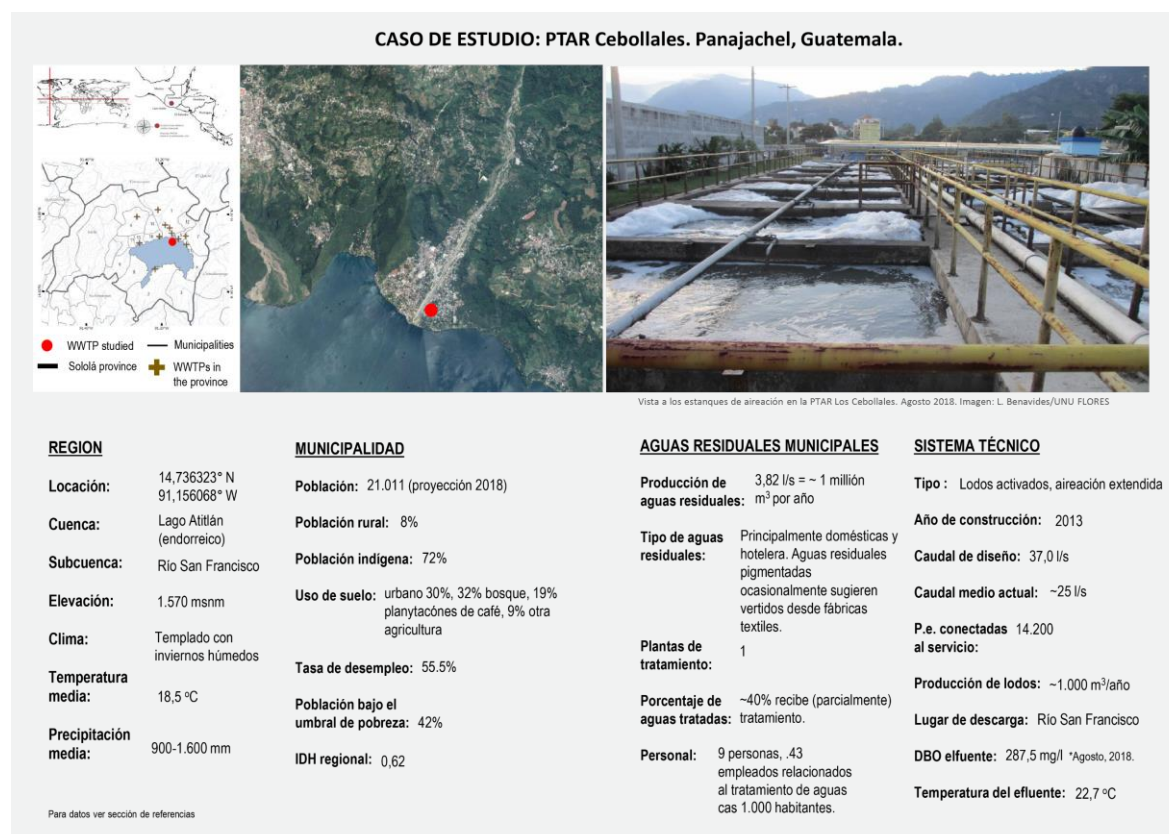


Figura 1.3: Resumen de la situación general en Panajachel con respecto a las aguas residuales



El Valle del Mezquital en México es un lugar a menudo citado en la literatura como un excelente caso de estudio sobre el uso de aguas residuales en la agricultura debido a su extensión (más de 90.000 hectáreas (ha)) y su larga historia (desde hace más de 100 años). El riego con aguas residuales ha dado a los agricultores en esta región semiárida no sólo una solución para el problema de la escasez hídrica sino también un método para aumentar el rendimiento de sus cultivos. Sin embargo, ha causado al mismo tiempo muchos problemas ambientales, sanitarios, y sociales. El Estado de Hidalgo, junto con el Fideicomiso de Infraestructura Ambiental de los Valles de Hidalgo (FIAVHI), están decididos a encontrar soluciones sostenibles y duraderas para estos problemas (Caucci y Hettiarachchi 2017). La figura 1.4 ofrece una visión general de la situación general del caso de estudio en la PTAR de Tlaxinalcan en Tepeji, Estado de Hidalgo, México.

Figura 1.4: Resumen de la situación general en Tepeji con respecto a las aguas residuales



1.2. Metodología General

El proyecto SludgeTece ejecutó los primeros tres pasos del Enfoque Nexo (Figura 1.5): (1) determinar el problema de nexos; (2) definir el alcance del trabajo, y (3) identificar las alternativas de nexos a través de la investigación. Para ello, se evaluaron el estado de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en los sitios piloto ((1) problema de nexos, (2) alcance del trabajo) y se determinaron vías para superar los cuellos de botella respectivos ((3) alternativas de nexos). Para este último paso, el proyecto utilizó tres tipos de metodologías de forma transdisciplinar, estas fueron: (A) evaluación de la sostenibilidad, (B) análisis de las partes interesadas y (C) análisis de lo retorcido del sistema. Esta secuencia fue probada en los dos casos de estudio.

El presente informe describe los tres primeros pasos del Enfoque Nexo para los dos casos de estudio. En la Sección 2, ofrecemos una descripción general del problema de nexos según se evaluó en ambos sitios de estudio. En la Sección 3 definimos con más detalle el alcance del trabajo. En la Sección 4 discutimos las metodologías utilizadas y en la Sección 5 los resultados de las tres formas en que el proyecto tuvo la intención de identificar las distintas alternativas de nexos. La Sección 6 reúne los resultados y su discusión y proporciona un conjunto de opciones de solución u orientaciones para avanzar en cada caso. Finalmente, en la Sección 7 proporcionamos una perspectiva de cómo se pueden aplicar estas orientaciones para los casos específicos, así como una perspectiva crítica sobre el enfoque aplicado. Un Anexo completo proporciona información detallada sobre los datos.

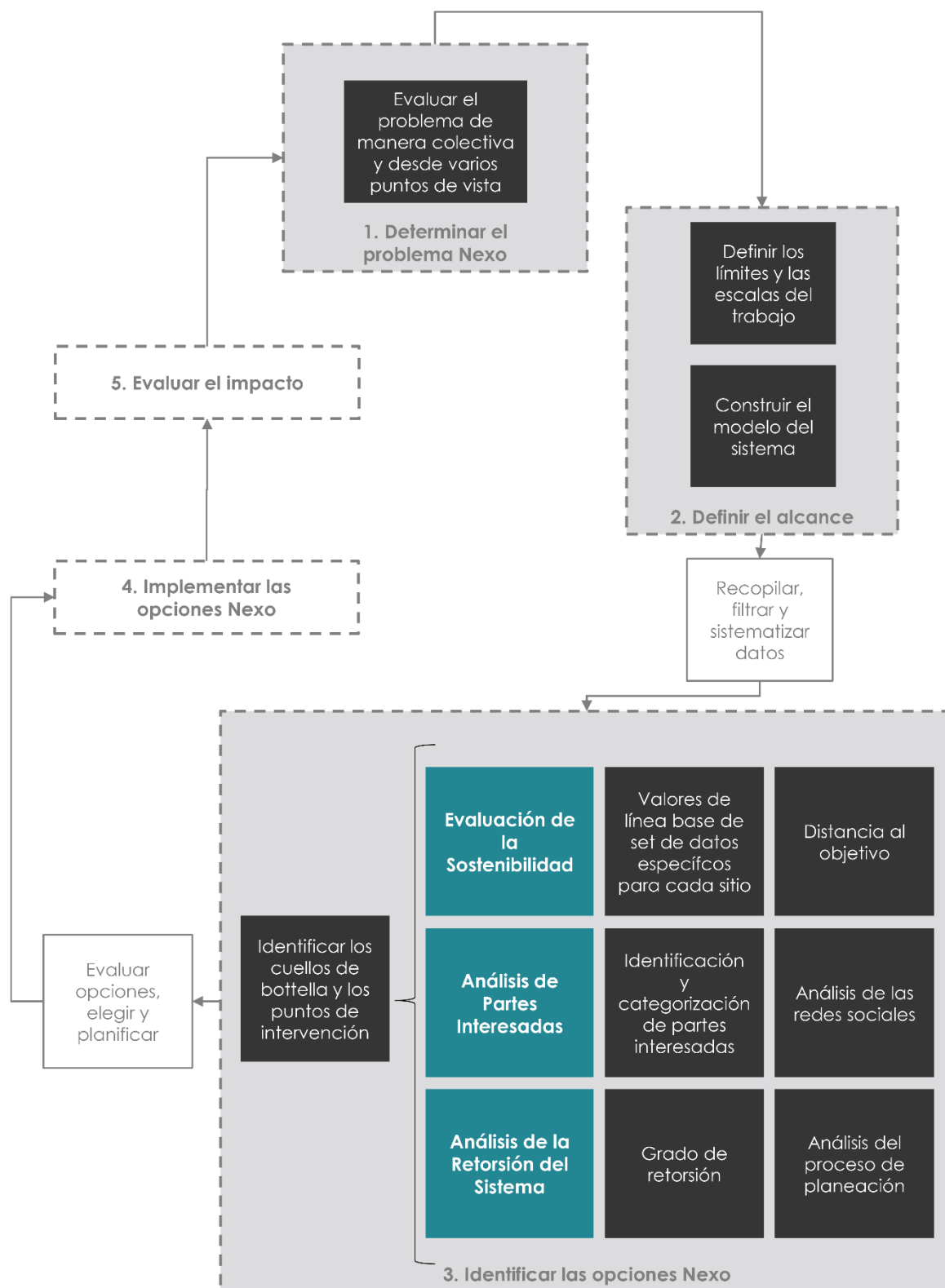


Figura 1.5: Todas las fases realizadas dentro del proyecto SludgeTec que siguen los pasos iniciales del enfoque Nexo (sombreado en gris); (Nota: Todas las fases se acometieron de una manera inter- y/o transdisciplinaria)

2. Definición del Problema de Nexo

Para identificar el problema, se realizaron dos talleres de evaluación: "Riego con aguas residuales en el valle de Mezquital, México: resolver un problema centenario con el enfoque Nexo" en Tepeji, México, del 15 al 17 de marzo de 2017 (Caucci y Hettiarachchi 2017) y "Sostenibilidad de los sistemas de aguas residuales: perspectivas actuales y futuras- un taller de evaluación" en Panajachel, Guatemala, del 20 al 23 de marzo de 2018 (UNU-FLORES 2018). En estos talleres, incluimos sesiones dedicadas exclusivamente a la descripción y comprensión de los diversos niveles que poseía(n) el(los) problema(s) ocasionados por sistemas no sostenibles de tratamiento y gestión de aguas residuales. Aquí se hizo hincapié en proporcionar un entendimiento común entre todos los participantes, incluidos los "expertos", y en delimitar el problema que se iba a evaluar.

👍 En México, se determinó lo siguiente (ver Caucci y Hettiarachchi (2017)):

"Posteriormente se pidió a los participantes que dibujaran una imagen de su visión de una solución al problema de nexo con respecto al tema del "uso seguro en agricultura de las aguas residuales para el desarrollo sostenible ". Todas las imágenes tenían en común un enfoque centrado en las personas. Por lo tanto, cualquier solución técnica debe tener en cuenta a la comunidad local, y en la mayoría de los casos a los niños. En algunos casos, la reutilización de los lodos se destacó explícitamente. En algunos casos, los dibujos fueron específicos de la Laguna Requena y del Río Tepeji; en la mayoría de los casos, los dibujos representaban una zona agrícola genérica. Un participante realizó la siguiente declaración: "Tepeji del río - Ejemplo de agua sostenible"

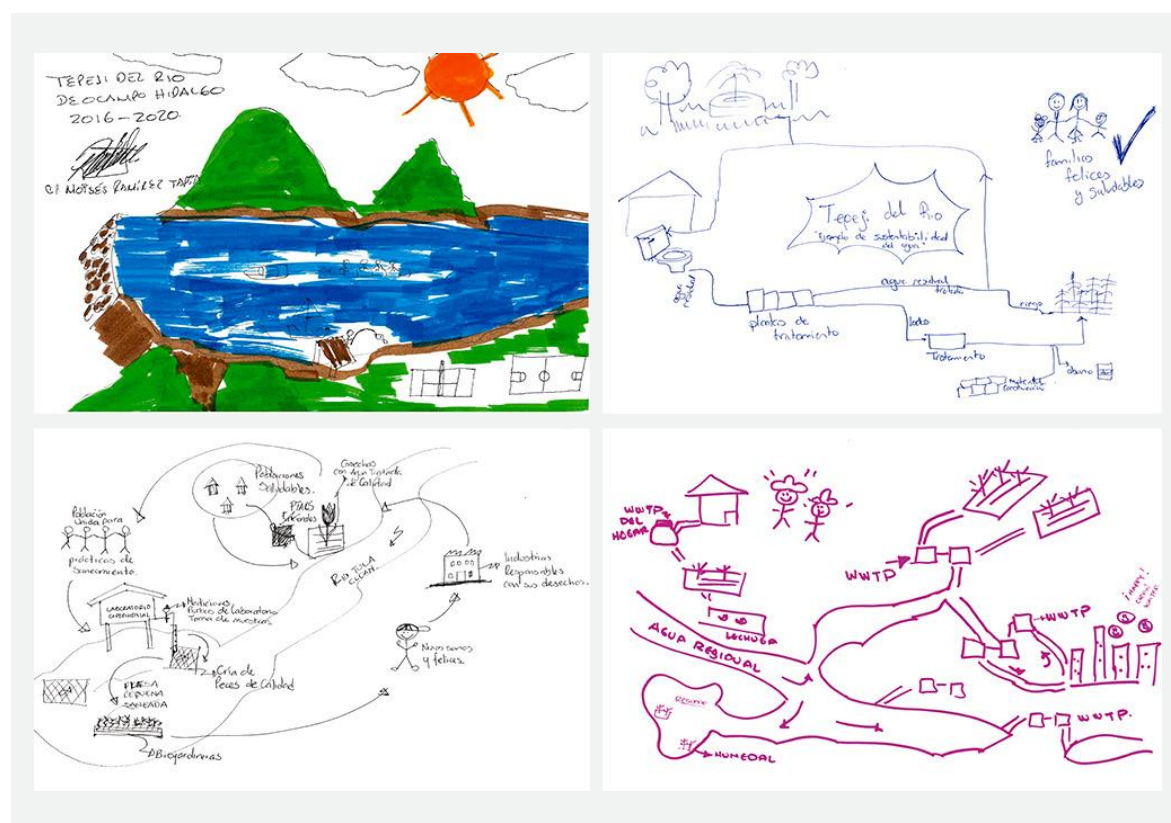


Figura 2.1: Dibujos de diferentes visiones sobre las posibles soluciones como un medio de expresar los problemas de fondo (tomado de Caucci y Hettiarachchi (2017))

👍 Para el caso de Guatemala, se puede observar lo siguiente (ver UNU-FLORES (2018)):

“Las imágenes tenían en común la amplitud de la perspectiva sobre el problema, incluyendo aspectos económicos, ambientales, técnicos y sociales sobre la situación de la gestión de las aguas residuales en el lago de Atitlán. Muchos de los dibujos muestran cómo las aguas residuales no tratadas fluyen hacia el lago o cómo la gente tira basura en él. En cuanto a los aspectos sociales, la corrupción y la falta de recursos financieros fueron a menudo destacados”

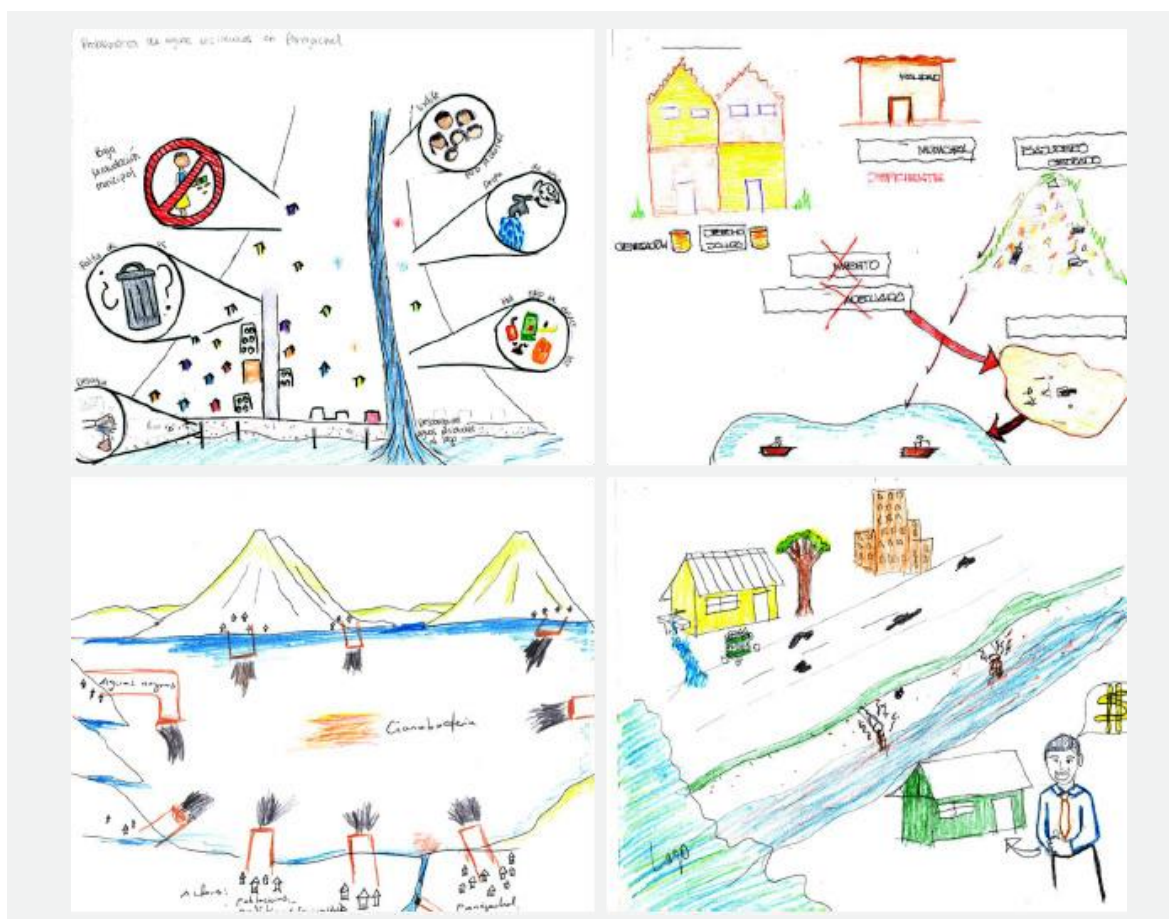


Figura 2.2: Dibujos de los participantes de Panajachel representando los impactos de las aguas residuales sobre su medio ambiente (tomado de UNU-FLORES (2018))

Además, dos tesis de máster de la Universidad Técnica de Dresde analizaron ambos casos de estudios⁴ y proporcionaron al proyecto información técnica de fondo. El trabajo de campo de tesis de la Sra. Ferrans también dio como resultado un documento de trabajo que describe la situación general de las aguas residuales del lago Atitlán (Ferrans 2017). Las descripciones de ambas PTAR en las dos secciones subsiguientes son resúmenes de estos trabajos.

⁴ Véase Laura Ferrans (2017) Evaluation of sustainable options for sewage sludge management in the region of Lake Atitlán, Guatemala; Leon Zimmermann (2018) Quantifying potentials of constructed wetly effluent reuse for agricultural irrigation



2.1. Descripción de la PTAR en Panajachel

La ciudad de Panajachel cuenta con un sistema centralizado que trata el 70% del agua residual producida en la ciudad; proveniente mayoritariamente de hogares, restaurantes, escuelas, edificios comerciales como agencias de turismo y tiendas de abarrotes. La ciudad carece de industrias, salvo unas pequeñas fábricas de textiles que contribuyen con sus tintes a las aguas residuales. La PTAR en Panajachel, Los Cebollales, cuenta con un sistema de tratamiento de lodos activados donde el fósforo es eliminado mediante precipitación química. Su capacidad máxima es de 37 l/s. Se instaló en 2012 y comenzó a funcionar en abril de 2013.

El proceso se divide en un tratamiento previo y tratamientos primario, secundario y terciario. El proceso de tratamiento previo remueve primero las partículas sólidas de gran tamaño y la arena, para luego eliminar los aceites y las grasas. Tras esto, las aguas residuales son conducidas a un tanque de sedimentación donde la velocidad de flujo se reduce y las partículas se depositan. Posteriormente, dos tanques de lodos activados eliminan la materia orgánica y un tanque de sedimentación secundario elimina las partículas sólidas suspendidas en el flujo de salida del proceso de lodos activados. Tras esta fase, las aguas residuales tratadas pasan a través de una unidad de floculación vertical donde se elimina el fósforo y, por último, el agua va a un tanque de clarificación antes de ser descargado al río San Francisco (Ferrans 2017). En la Figura 2.3 puede verse un esquema de los diferentes procesos mencionados anteriormente.

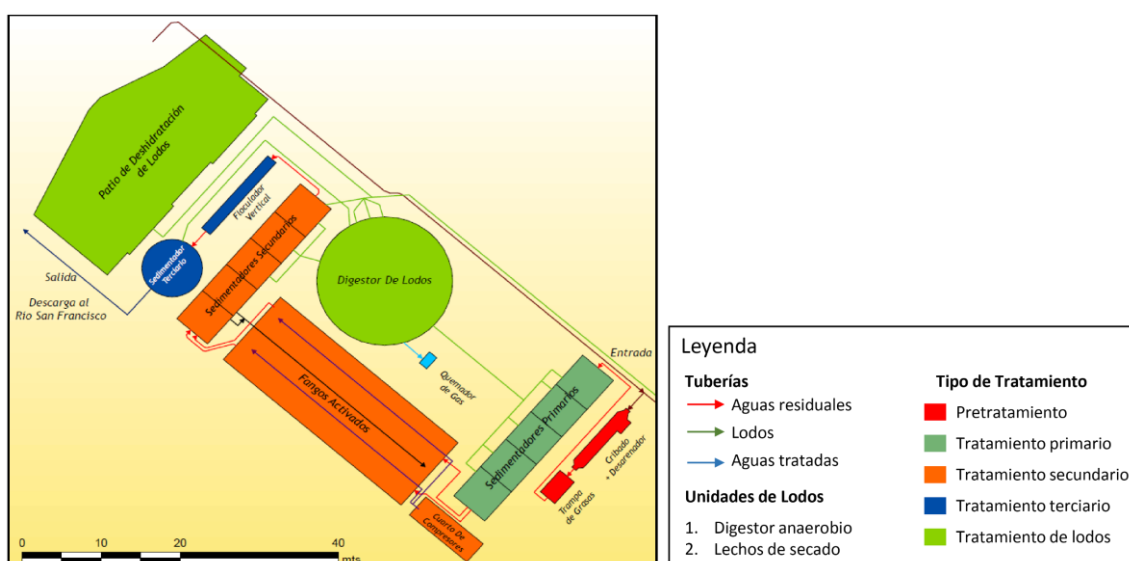


Figura 2.3: Plano de la PTAR de Panajachel, Guatemala (de Ferrans (2017), modificado de AMSCLAE (n.d.))



Figura 2.4: Lechos de secado en Los Cebollales, Panajachel, Guatemala (Foto: Laura Ferrans/UNU-FLORES)

El tipo de procesado que se da en Los Cebollales produce grandes cantidades de lodos que son enviados a un biorreactor. Los aportes provienen de los tanques de sedimentación primarios, secundarios y terciarios; por lo que los lodos contienen tanto materia orgánica como inorgánica. Actualmente el sistema no tiene ningún dispositivo que mida la cantidad de lodos producidos por la PTAR, pero el operador de la planta estima un promedio de 8 m³ por mes (Ferrans 2017). El proceso de estabilización de lodos considera una digestión anaerobia en un biorreactor y la posterior deshidratación en lechos de secado. El tiempo de retención en el biorreactor es de 28 días; posteriormente los lodos son enviados a secar (Figura 2.4) hasta que se completa la deshidratación de los elementos biosólidos, finalizando así el proceso de estabilización.

A día de hoy, no hay soluciones para deshacerse de los lodos resultantes y estos se almacena en un área no techada dentro de las instalaciones de la PTAR. Anteriormente, se daba el material a los agricultores locales para enriquecer el suelo, pero esta práctica se detuvo porque el material nunca fue propiamente analizado y había un alto riesgo de que estuviera contaminado. Además, los lodos no pueden ser transportados tampoco a un vertedero municipal ya que no hay un acuerdo claro sobre el lugar donde se debería realizar el desecho de los residuos sólidos de la ciudad de Panajachel (Ferrans 2017). Algunas sugerencias sobre el uso sostenible de estos lodos pueden revisarse en (Ferrans et al. en revisión).



2.2. Descripción de la PTAR de Tepeji

Varias de las PTAR instaladas por el FIAVHI sólo realizan un tratamiento primario y secundario (ver también la Figura 2.5). No obstante, la planta instalada en Tlaxinacalpan en Tepeji contiene también un tratamiento terciario. La instalación se realizó en 2017 y comenzó a funcionar en febrero de 2018. Pese a que la planta de tratamiento se diseñó para un caudal de 1,2 l/s, actualmente está funcionando entre los 0,1 y 0,3 l/s.

Tratamiento primario

El objetivo del tratamiento primario es eliminar la arena y las partículas de mayor tamaño de las aguas residuales. Para lograr este propósito, las aguas residuales fluyen primero través de un estanque hacia un decantador cuya entrada está situada a mayor altura que el orificio de salida para que la velocidad de las aguas residuales disminuya y las partículas puedan decantar. Posteriormente, las aguas residuales fluyen hacia un tanque de sedimentación a través de un tubo que sale desde el decantador de arena hacia el fondo del tanque de sedimentación mediante un flujo continuo. Dentro del tanque de sedimentación se producen dos procesos físicos: el primero es un proceso de filtración, ya que se instalaron bastidores que retuvieran las partículas del flujo que llega de aguas arriba, y el Segundo, dado que el orificio de salida del reactor se encuentra en la parte superior del tanque, se produce un lento proceso de sedimentación hacia la parte inferior del tanque (Zimmermann 2018).

Tratamiento secundario

El tratamiento secundario está compuesto por tres reactores anaeróbicos de flujo ascendente y un tanque de homogenización. La tubería de entrada a los reactores conduce el agua al fondo del reactor y luego el agua pasa a través de un sistema de unidad de retención donde las bacterias crecen y degradan la materia orgánica de las aguas residuales. La salida de los reactores se encuentra en la parte superior de los mismos. Después de que el agua pasa a través de los tres reactores anaeróbicos de flujo ascendente, va a un tanque de homogeneización donde se almacena antes de ser transportado a los humedales artificiales (tratamiento terciario).

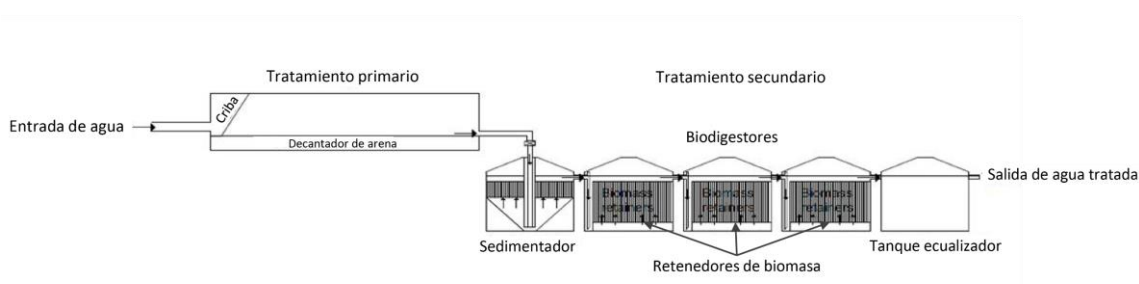


Figura 2.5: Esquema de los tratamientos primario y secundario de la PTAR de Tepeji, México (tomado de Zimmermann (2018), cortesía del FIAVHI)



Figura 2.6: Humedales artificiales en la PTAR de Tepeji, México (Foto: Lucia Benavides/UNU-FLORES)

Tratamiento terciario


El paso final de la cadena de procesos de esta PTAR es un sistema de dos bandas de humedales artificiales, con cada una de las bandas formada por tres humedales conectados en serie. Actualmente solo una línea está operando. Los humedales se construyeron bajo la guía de la agencia HABITAT de la ONU (Zimmermann 2018). El tratamiento terciario cumple la función de pulir el proceso de tratamiento de aguas residuales.

Los seis humedales artificiales tienen las mismas características. Son rectangulares y tienen las siguientes dimensiones: 12 m (largo) x 2,84 m (ancho) x 0,6 m (profundidad) (Figura 2.6). La cimentación está hecha con hormigón y las paredes con ladrillos de hormigón; ambos cubiertos con un geotextil para evitar la infiltración al suelo. La base está inclinada para que el agua fluya horizontalmente por efecto de la gravedad, siendo la pendiente del 9,5%. El afluente de cada humedal ingresa a través de una tubería de 5 cm de diámetro interior, y desde allí el agua pasa a 6 tuberías de entrada equidistantes de 2,5 cm de diámetro. El flujo de salida es recolectado por un conjunto de 6 tubos equidistantes que confluyen en un tubo de 6,3 cm de diámetro.

El sustrato del humedal está formado por grava de 2,5 cm de diámetro medio y los primeros y los últimos 0,5 m de la longitud del humedal se componen de piedras con un diámetro de 20-30 cm para evitar la obstrucción y la estabilidad de la construcción. Cada humedal contiene 44 plantas, lo que lleva a una densidad de plantación promedio de 1,3 plantas/m. Las plantas se cosechan cuando la productividad disminuye y son reemplazadas de manera inmediata.

3. Definición del Alcance del Trabajo

La declaración del alcance del proyecto se define generalmente como "la descripción del alcance del proyecto, principales metas, suposiciones y restricciones" (The Project Management Institute 2017).

 Basado en el objetivo del proyecto, el alcance del Proyecto se define como:

‘El co-diseño de un tratamiento sostenible de las aguas residuales y alternativas de gestión para dos sitios piloto en América por expertos internacionales y actores locales dentro del plazo del proyecto’

Con la sección anterior "Definición del problema de nexo", el equipo del proyecto pretendía esclarecer las restricciones del mismo (es decir, las limitaciones al tratamiento sostenible de las aguas residuales) y los temas excluidos del proyecto (por ejemplo, la restauración del lago) con todos los interesados a través de talleres interactivos y el desarrollo, impresión e intercambio de publicaciones preliminares que reunieran el conocimiento previo existente. Las restricciones y el modelo del sistema están más extensamente desarrollados en la Sección 3.1 y los supuestos pueden encontrarse en la Sección 3.2.

3.1. Límites y Modelación del Sistema

La definición de las escalas de análisis más relevantes determina la precisión del diagnóstico y la efectividad de los proyectos (Alcamo y World Resources Institute 2003; Kissinger y Rees 2010). La resolución espacial determina la visibilidad de los objetos y las relaciones. Si los límites de un modelo son demasiado pequeños, algunos factores importantes que influyen en el modelo serán omitidos, mientras que, si son demasiado grandes, se pueden perder detalles sobre un proceso específico. Mezclando y contrastando diferentes perspectivas espaciales, un enfoque multi-escalar proporciona análisis más completos, que pueden reducir los sesgos causados por el uso de un "punto de vista" único (Alcamo y World Resources Institute 2003; Loiseau et al. 2012). Para el nexo Agua-Suelo-Residuos (WSW) Avellán et al. (2017) argumentan que los límites del sistema deberían ser "claros, amplios y flexibles".

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales están vinculados a los asentamientos humanos, pero pueden tener consecuencias mucho más allá de ellos. Para determinar los límites del sistema en nuestros dos casos de estudio, se evaluaron los límites de los sistemas a partir de los cuales se trazan los recursos inmediatos (energía, suelo) y los sistemas en los que la descarga impacta directamente. Esto dio lugar a una variedad de límites de tipo administrativo (municipio, departamento, estado, etc.), biofísico (cuencas, geología, suelo, etc.), y límites funcionales (sistema de tratamiento, red de saneamiento, etc.).

Basándonos en el concepto de la evaluación multiescalar, propusimos un modelo de cuatro niveles (Figura 3.1). El primer nivel incluye el sistema de tratamiento que va más allá de la escala doméstica y requiere un equipo técnico (límite nivel 1). Dicho nivel, estaría inmerso en un nivel que correspondería con el municipio (límite nivel 2). A menudo el efluente se descarga en las aguas superficiales o subterráneas de una subcuenca (límite nivel 3), la cual pertenece a una cuenca de mayor extensión (límite 4). Argumentamos que estos niveles exhiben suficiente nivel de detalle con respecto al problema del tratamiento de las aguas residuales, por un lado, pero también cuentan con el alcance suficiente para determinar cómo el sistema impacta en su entorno.

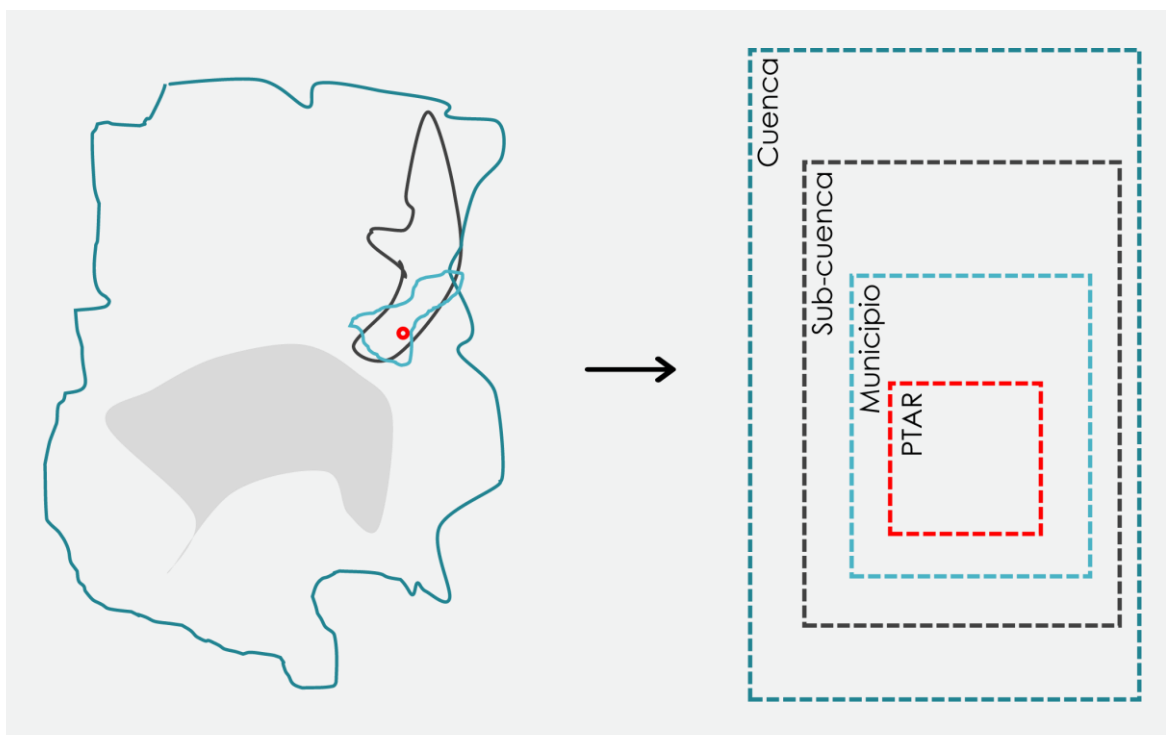


Figura 3.1: *Modelo multiescalar*

3.2. Supuestos del Proyecto

A lo largo del desarrollo del proyecto, el equipo del proyecto intentó seguir una serie de supuestos, entre los cuales se incluyen:

- La reducción de la carga contaminante del efluente de la PTAR reduce la degradación ambiental,
- La recuperación y la reutilización de los recursos, incluidas las aguas residuales, respalda alternativas de manejo más sostenibles,
- El trabajo transdisciplinario aumenta la posibilidad de entrega y éxito del proyecto,
- Las visiones inter- y transdisciplinarias son necesarias para determinar el problema Nexo y las soluciones Nexo,
- Una visión Nexo del problema evalúa los vínculos entre los recursos y ayuda a identificar compensaciones y sinergias para determinar de mejor manera alternativas de solución o directrices (socialmente robustas),
- Una visión Nexo del problema y de la solución puede ayudar a lograr niveles más altos de sustentabilidad.

Por lo tanto, para comprender mejor las posibles soluciones y maneras de lograr un manejo sostenible en el tratamiento y la gestión de aguas residuales, identificamos las alternativas Nexo desde tres ángulos metodológicos diferentes: (1) evaluación de la sostenibilidad, (2) análisis de las partes interesadas, y (3) análisis de la retorsión del sistema. Esto sigue la lógica de (Scholz y Steiner 2015) en la que "transdisciplinario es [...] un proceso facilitado de aprendizaje mutuo entre ciencia y sociedad que relaciona un proceso de investigación dirigido multidisciplinario o interdisciplinario⁵ y un discurso entre múltiples partes interesadas para desarrollar orientaciones socialmente sólidas sobre un problema específico del mundo real". La figura 3.2 muestra cómo se combinan en el presente trabajo estos conceptos.

⁵ "La interdisciplinariedad puede definirse como la fusión de conceptos y conocimientos de diferentes disciplinas" (Scholz y Steiner 2015)

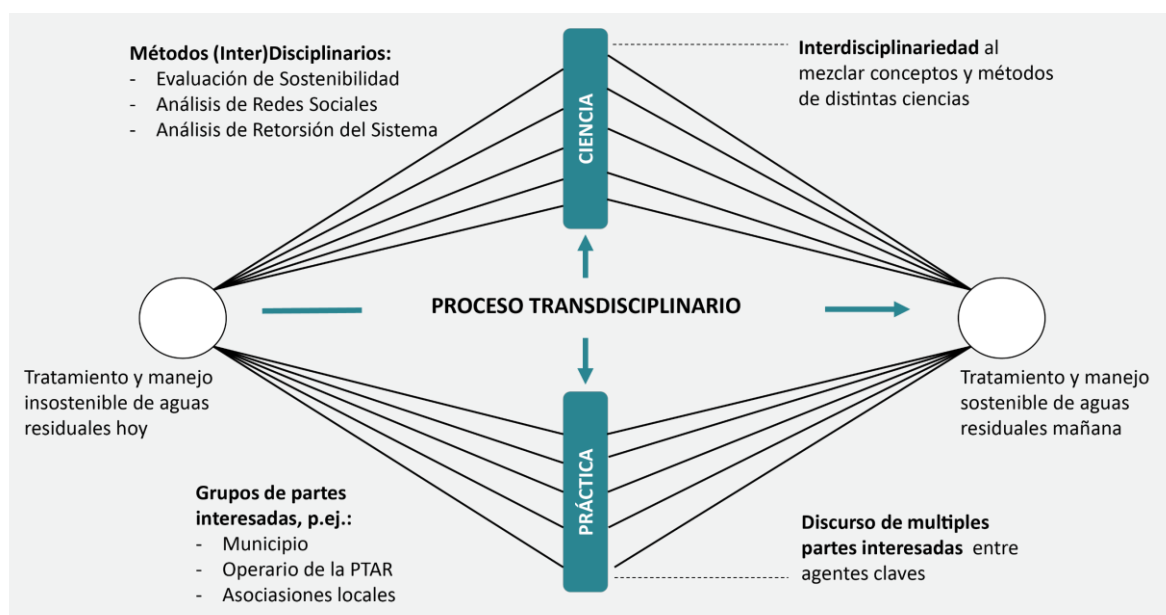


Figura 3.2: Componentes del proceso de investigación transdisciplinario del problema nexa sobre la insostenibilidad del tratamiento y gestión de las aguas residuales (adaptado de Scholz y Steiner (2015))

4. Métodos para Identificar Alternativas Nexa

La siguiente sección describe los métodos utilizados para cada uno de los enfoques aplicados dentro del proyecto.

4.1. Evaluación de la Sostenibilidad⁶

La evaluación de la sostenibilidad se compone de dos partes: (1) la construcción de una base de datos para la recolección de la información, y (2) la determinación de la "distancia al objetivo" para cada uno de los valores analizados.

4.1.1. Construcción de una Base de Datos para la Evaluación de la Sostenibilidad

Hay pocas orientaciones sistemáticas sobre la selección de variables para el estudio multiescalar de sostenibilidad en sistemas de aguas residuales. Se ha revisado la literatura actual para determinar posibles variables para las evaluaciones de sostenibilidad de los sistemas de tratamiento y gestión de aguas residuales. El resultado es una gran base de datos con alrededor de 500 variables, que se puede consultar en el Anexo 1.

Esta "base de datos extendida" es un repertorio de variables, del cual se pueden escoger variables específicas para crear una base de datos más pequeña que se adapte a las necesidades concretas de un determinado proyecto de investigación en gestión de aguas residuales. Esta base de datos puede ser editada para crear bases de datos específicas (Figura 4.1) utilizando los siguientes criterios (Tabla 1):

⁶ Se puede encontrar una descripción detallada de la evaluación de la sostenibilidad en: Lucía Benavides, Tamara Avellán, Serena Caucci, Angela Hahn, Sabrina Kirschke, Andrea Müller (2019) Assessing sustainability of wastewater management systems in a multi-scalar, transdisciplinary manner in Latin America, *Water*, 11 (249), 1-44.

Tabla 1: Criterios para seleccionar/priorizar variables

	Criterio	Prioridad
1	La bibliografía sobre gestión de aguas residuales también menciona la variable Y	P1
	Las partes interesadas mencionaron la variable durante el Taller de Evaluación en Marzo (ver Capítulo 3 de (UNU-FLORES 2018)) O	
2	Es considerado prioritaria por el equipo del proyecto, según conocimiento previo	
3	La variable es utilizada en la regulación local aplicable	P2
4	Los umbrales para la variable están disponibles	P3

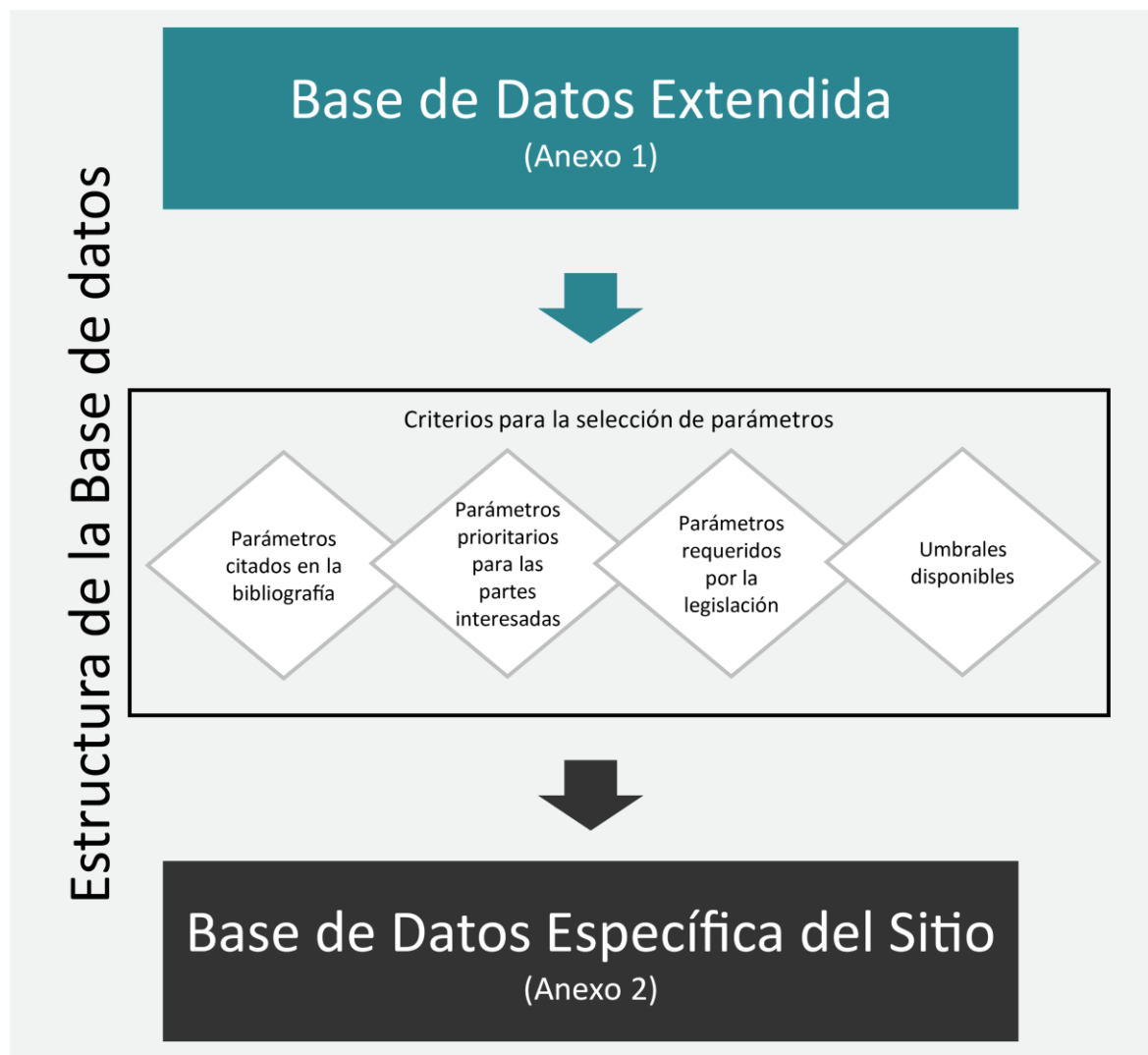


Figura 4.1: Creación de las estructuras para la base de datos extendida y la base de datos específica de sitio.

Las bases de datos específicas y detalladas para Panajachel y Tepeji pueden ser consultadas en el Anexo 2. El conjunto de datos para Panajachel contiene 218 variables y para Tepeji el número de variables es de 195. Cada uno de los conjuntos contiene variables útiles para entender diferentes escalas del sistema de gestión de aguas residuales según se define en el modelo de sistema multiescalar (PTAR, municipio, subcuenca, cuenca), así como en las cuatro dimensiones de sostenibilidad (técnica, ambiental, social y económica). Las bases de datos incluyen tres subconjuntos para cada sitio:

- Dataset 0 Datos de Contexto
- Dataset I Datos Técnicos y Ambientales
- Dataset II Datos de tipo Económico (a) y Social (b)

Nuestra sugerencia es que las bases de datos I y II reúnan la información necesaria para realizar una evaluación integral de sostenibilidad, mientras que el conjunto de datos 0 (contexto), proporcione información de apoyo para obtener una comprensión preliminar de las condiciones locales (también útil a la hora de determinar el problema Nexco). Debido al tiempo limitado del proyecto SludgeTec, sólo fue posible realizar una evaluación de sostenibilidad a una escala: la de la planta de tratamiento de las aguas residuales e incluir una evaluación social (conjunto de datos II b) para todas las escalas la cual proporcionara una idea de la aceptación social y la participación en la región donde se encuentra la PTAR.

4.1.2. Evaluación de la Sostenibilidad

Para determinar el nivel de sostenibilidad, asumimos un enfoque de distancia al objetivo, identificando un umbral o estado deseable para las distintas variables de la base de datos, y comparándolas con los valores actuales (Figura 4.2).

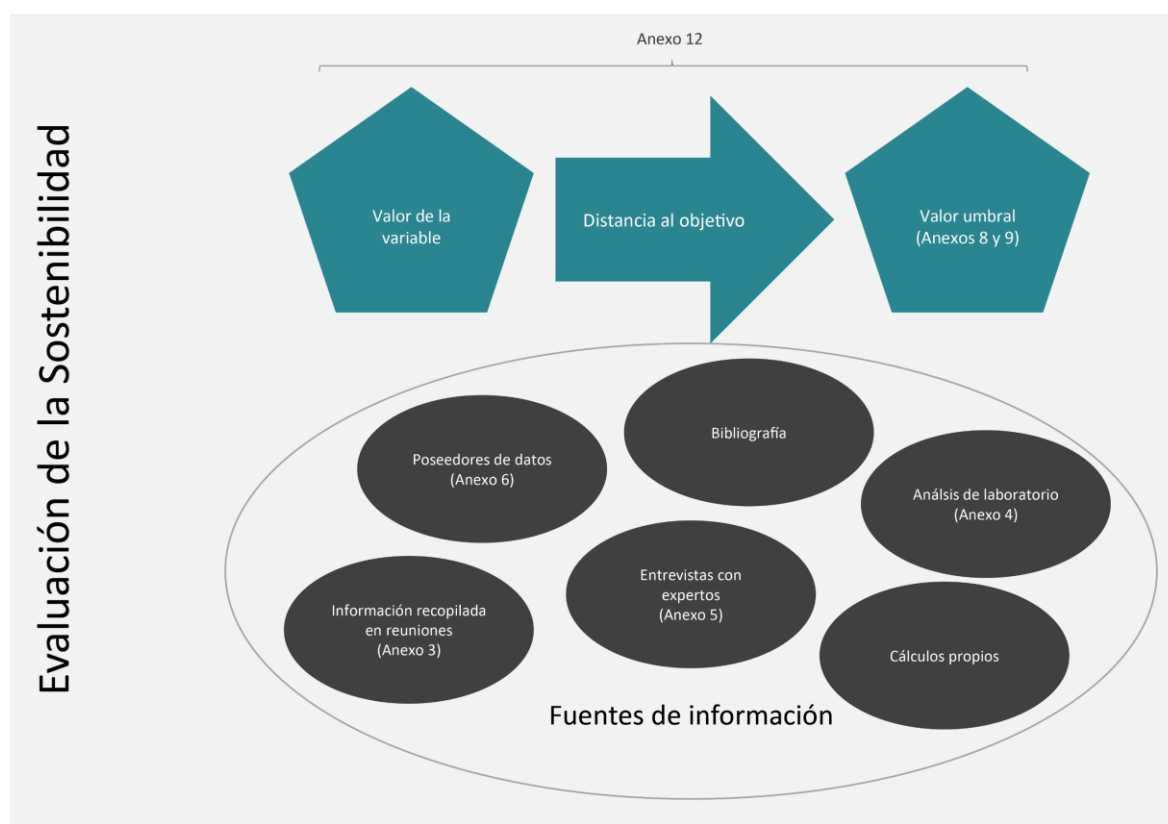


Figura 4.2: Flujo de trabajo para la fase de evaluación de la sustentabilidad

Fuentes de información

La Figura 4.3 muestra la distribución de los datos obtenidos a través de diferentes fuentes para ambos casos. Las posibles fuentes de datos para las variables elegidas se evaluaron a través de la identificación de los poseedores de dicha información y la recopilación de los datos a través de reuniones para el intercambio de datos y entrevistas con expertos durante el viaje a campo del proyecto en julio y agosto de 2018 (ver una descripción general de estas reuniones en el Anexo 3), de la bibliografía, y directamente a través de muestras y análisis de muestras, en particular para la calidad de las aguas residuales (Anexo 4). El cuestionario (Anexo 5) para las entrevistas a los expertos está estructurado en tres partes diferentes: 1) información relacionada con la dimensión social de los problemas vinculados a la gestión de las aguas residuales, 2) información sobre las partes interesadas que están afectadas o que afectan el problema y la relación entre ellas, y 3) indicadores para un proceso de planificación para abordar los problemas del nexo. Hay que tener en cuenta que sólo la primera parte de este cuestionario fue relevante para la evaluación de la sostenibilidad, mientras que la segunda parte se utilizó en el análisis de las partes interesadas (sección 4.2) y la tercera para el análisis de la retorsión (sección 4.3).

Las actividades de identificación de los poseedores de información se llevaron a cabo durante el taller de evaluación en Guatemala, donde también estuvieron presentes actores del caso de estudio mexicano (para la lista de poseedores de datos y la lista de participantes del taller ver Anexo 6 en (UNU-FLORES 2018)).

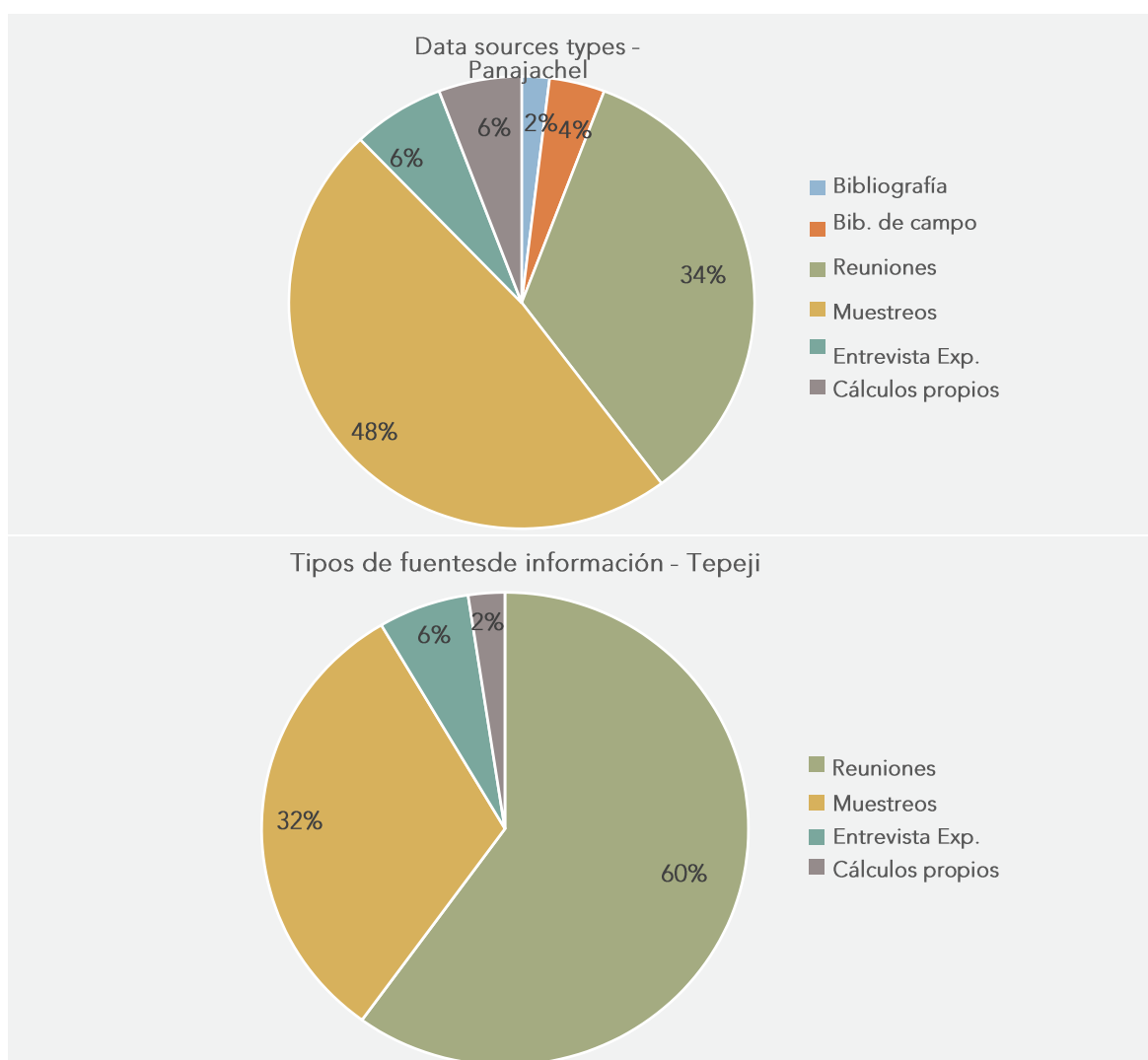


Figura 4.3: Fuentes de información para la recopilación de variable en Panajachel y Tepeji

Variables y umbrales

Algunos elementos de la base de datos específica del sitio se pueden usar directamente como variables para la evaluación de la sostenibilidad. Otros datos de la misma no son variables per se, pero son necesarios para calcular otras variables. Un ejemplo es el del dato "agua total tratada en m³", que no indica por sí mismo mucho, pero es necesario para calcular variables como "gasto energético por m³ de agua tratada", que luego puede contrastarse con un valor umbral.

La base de datos se utilizó para seleccionar aquellos items que son o pueden convertirse en variables para la evaluación (ver Anexo 7). Luego, se buscan umbrales para estas variables, buscando en (1) la legislación local aplicable, y de no estar disponible, en (2) estándares establecidos por organizaciones internacionales (la OMS, por ejemplo). Además de identificar los umbrales en las regulaciones internacionales y nacionales, en otros casos una variable puede ser una pregunta "sí o no", y el umbral puede establecerse con relativa facilidad; por ejemplo, en la variable "existencia de un manual de operación para la planta", el umbral sería la existencia del mismo.

La disponibilidad de un umbral define si una variable puede ser usada en la evaluación de sostenibilidad o no. A pesar de que en ocasiones los datos para una determinada variable existían, no fue posible encontrar un umbral adecuado para compararlos, por lo que resulta imposible obtener información de ellos. El Anexo 8 muestra las variables para las cuales se pudieron encontrar sus umbrales.

Distancia al objetivo

El valor actual de cada variable se contrastó con el umbral identificado y la distancia al objetivo evaluada mediante una adaptación del método del "semáforo" descrito por Bertanza et al. (2016). Los umbrales para cada variable se pueden ver en el Anexo 9. El resultado es la indicación de la sostenibilidad del status quo del sistema en función de la distancia al objetivo de cada variable, cada dimensión estudiada y el sistema en general.

4.2. Análisis de las Partes Interesadas

Dentro del proyecto SludgeTec, el análisis de las partes interesadas aspira a responder la pregunta: "¿Quién está relacionado con el problema y cómo?". Las partes interesadas en este proyecto se definen como: "Actores sociales, organizaciones, instituciones, comunidad, individuos o grupos, que pueden verse afectados por o puede afectar un fenómeno". Este objetivo se basa en el supuesto de que "sólo entendiendo quién tiene un interés en una iniciativa, y entendiendo la naturaleza de sus quejas y las interrelaciones entre ellas, las correctas partes interesadas pueden ser convencidas de participar con efectividad en la toma de decisiones ambientales" (Reed et al. 2009, 1934).

Reed et al. (2009) desarrollaron una tipología con métodos respectivos para su uso en proyectos ambientales. Cada uno de estos métodos de investigación puede aplicarse con o sin la participación activa de los interesados. El análisis de las partes interesadas dentro del proyecto SludgeTec seguirá esta tipología, incluidos los tres pasos de 1) identificación de las partes interesadas, mediante el muestreo de bola de nieve; 2) diferenciación y categorización de las partes interesadas, utilizando la categorización analítica (top-down); 3) investigación de las relaciones entre las partes interesadas, utilizando el análisis de redes sociales (Figura 4.4).

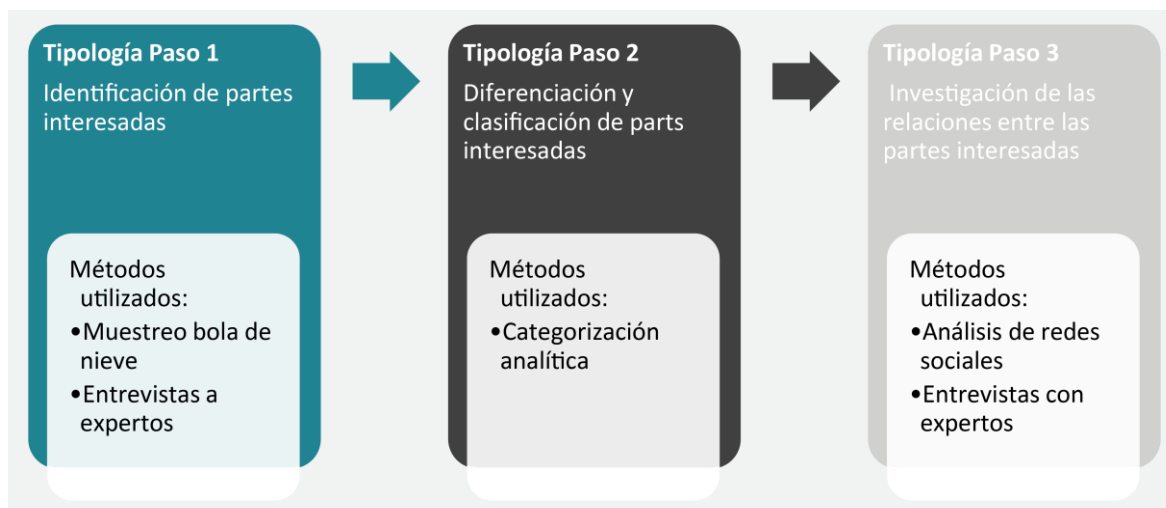


Figura 4.4: *Tipologías y métodos para el análisis de las partes interesadas aplicado en el proyecto SludgeTec (basado en Reed et al. (2009: 1936))*

Aunque se ha recopilado un conjunto amplio de datos sociales a través de entrevistas con expertos (Anexo 5), es necesario analizar los diferentes pasos del análisis por separado.

4.2.1. Identificación de las partes interesadas

El proceso de identificación de las partes interesadas es un proceso iterativo, durante el cual se agregan partes interesadas adicionales a medida que el análisis continúa. El primer paso del análisis de las partes interesadas se puede llevar a cabo sin la participación activa de las partes interesadas, mediante el llamado trabajo de escritorio. Dentro del proyecto SludgeTec, el primer paso se llevó a cabo mediante la creación de listas de partes interesadas para ambos sitios piloto. Con la información obtenida en los talleres de evaluación y otros trabajos (Caucci y Hettiarachchi 2017; Ferrans 2017), y una investigación y consulta más profunda con los socios del proyecto, se creó una lista inicial de partes interesadas. Posteriormente, el proceso del análisis de las partes interesadas cambió de una consulta pasiva a una participación activa. En la parte 2 de las entrevistas a expertos con las partes interesadas clave, se utilizó el método de muestreo de bola de nieve, y se pidió a las partes interesadas que agregaran a la lista las partes interesadas que consideraran pertinente incluir (ver Anexo 10).

4.2.2. Diferenciación y categorización de las partes interesadas

Después de haber identificado las partes interesadas, éstas se diferenciaron y categorizaron en varios grupos, mediante la aplicación de una categorización analítica (top-down). Se pidió a las partes interesadas entrevistadas que seleccionaran la categoría que mejor los representara. Sin embargo, esta pregunta fue bastante desafiante para la mayoría de las partes interesadas. Por un lado, el término "categoría de partes interesadas" tenía que explicarse en detalle en casi todos los casos en ambos sitios piloto. Por otro lado, para las partes interesadas de Panajachel, parecía bastante difícil elegir una de las categorías, ya que se sentían representados por múltiples grupos de partes interesadas. En tres casos, se pidió a las partes interesadas que establecieran prioridades, mientras que la primera clase en la priorización fue la considerada en la evaluación de los datos.

4.2.3. Investigación de las relaciones entre las partes interesadas

Para investigar la relación entre las partes interesadas, se realizó un análisis de redes sociales (SNA, por sus siglas en inglés) en ambos sitios piloto. Un SNA ayuda a identificar a las partes interesadas clave y a comprender la relación entre ellas. Este conocimiento es crítico, ya que las partes interesadas claves son actores sociales que deben ser preparados activamente, debido a su gran interés e influencia sobre un determinado fenómeno. Siguiendo la tipología establecida por Reed et al. (2009), el SNA es el último paso de los tres. Por lo tanto, el análisis de las partes interesadas debe completarse antes de que se pueda investigar la relación entre ellas. Debido a la falta de tiempo, los tres pasos se aplicaron al mismo tiempo durante el trabajo de campo en ambos sitios piloto. Por estas razones, no se pudo realizar un SNA detallado. Más bien, se podría recopilar información relevante que proporcione información sobre la relación entre las partes interesadas involucradas.

Las preguntas de investigación principales para llevar a cabo el SNA se basan en el objetivo general del proyecto SludgeTec ' reunir a expertos internacionales y partes interesadas locales para co-diseñar opciones de gestión de aguas residuales sostenibles, para luego decidir colectivamente la mejor 'opción de contexto específico. para cada sitio piloto '. Sobre la base de este objetivo general, se crearon categorías para investigar la relación entre las partes interesadas involucradas. Por lo tanto, los datos se recopilaron a través de las preguntas realizadas en entrevista estructuradas, basadas en preguntas de escala numérica cerrada, en las que 0 representa la ausencia de relación, 1 grado bajo de relación y 2 grado alto de relación. Se pidió a las partes interesadas que indicasen el grado de:

1. **Outdegree;** la relación que tienen con otras partes interesadas,
2. **Indegree;** la relación que piensan que otras partes interesadas podrían tener con ellos,
3. **Intercambio de información;** otras partes interesadas de las que reciben información,
4. **Toma de decisiones;** otras partes interesadas que son importantes para el proceso de toma de decisiones,
5. **Solución sostenible;** partes interesadas que son importantes para implementar una solución sostenible para la gestión de aguas residuales;
6. **Confianza;** partes interesadas en las que confían.

Para sistematizar los datos, se utilizó una matriz de análisis de redes sociales. La matriz fue completada por los propios interesados durante la entrevista. Los datos recogidos fueron analizados con el software Gephi.

De acuerdo con los diferentes grados de asociación arriba descritos, se crearon seis gráficos de redes sociales para cada sitio piloto con Gephi (ver Anexo 11). La visualización de estos gráficos sigue el mismo orden: cuanto más oscuro y grande es el nodo, mayor es el grado o el grado de interés que tiene el actor. Basándose en la clasificación por color y tamaño, las partes interesadas se agruparon en: partes interesadas clave, aquellas con influencia o importancia significativas; partes interesadas primarias: las más afectadas en última instancia; partes interesadas secundarias: los intermediarios, que son indirectamente afectados o afectan indirectamente; y, grupos de interés terciarios: aquellos que serán los menos afectados.

4.3. Análisis de la Retorsión del Sistema

Para analizar el grado de retorsión, se consideraron tres aspectos: i) conflictos de objetivos relacionados con el área problemática; ii) complejidad del sistema, referida al número de factores dinámicos e interconectados; y iii) incertidumbre informativa con respecto a estos factores (Kirschke, Zhang y Meyer 2018), ver Figura 4.5. Para recopilar información sobre el grado de retorsión, llevamos a cabo tres mesas redondas con los participantes del taller en cada sitio piloto, aquí en el curso de un taller de evaluación en Tepeji en marzo de 2017 (Caucci y Hettiarachchi 2017) y en Panajachel en marzo de 2018 (UNU-FLORES 2018). Cada mesa redonda abordó una de las dimensiones de la retorsión (conflictos de objetivos, complejidad del sistema e incertidumbre). Las mesas redondas fueron moderadas y guiadas por un cuestionario de retorsión, que comprende tres preguntas por dimensión de retorsión (ver un cuestionario en profundidad en Kirschke et al. 2018, material suplementario, Anexo 1). Los resultados se expusieron en el taller y se resumieron y evaluaron aún más en profundidad en función de los resultados contrastantes del taller con metodologías para identificar los grados de iniquidad basados en este cuestionario (Kirschke, Zhang y Meyer 2018, pt. Material complementario, Anexo2).



Figura 4.5: Representación general de la retorsión global de un problema (reproducido de Caucci y Hettiarachchi (2017))

Para analizar cómo el proceso de planificación aborda esta retorsión del problema, utilizamos 12 indicadores para una buena planificación los cuales consideran sistemáticamente los distintos requisitos de las diferentes dimensiones de los problemas retorcidos (por ejemplo, diversidad de objetivos, complejidad del sistema) en diferentes etapas del proceso de planificación (desde la inversión de recursos en la planificación hasta llegar a un acuerdo sobre nuevas políticas).

Para recopilar información sobre el proceso de planificación, se realizaron 12 entrevistas presenciales con diferentes tipos de partes interesadas de los dos sitios piloto en agosto de 2018 (4 entrevistas en el Valle del Mezquital, 8 entrevistas en Panajachel). La generación de datos se basa en un cuestionario, que representa los 12 indicadores y comprende una combinación de preguntas cerradas (escala 1-4 numérica) y abiertas (categoría de respuesta libre) (ver Anexo 5). Los datos numéricos se analizaron mediante la construcción de promedios del número total de respuestas por pregunta, así como a través de categorías de manejo y dimensiones de retorsión. Los datos cualitativos se transcribieron y se analizarán mediante un proceso de investigación cualitativa en varios pasos, utilizó el software MAXQDA.

5. Resultados para Identificar las Alternativas Nexo

5.1. Evaluación de la Sostenibilidad

Después de decidir trabajar exclusivamente en la escala de la PTAR, la base de datos específicos del sitio se redujo como se muestra en el Anexo 7. Esto dio lugar a 117 variables y 74 umbrales para el sitio piloto de Panajachel, y 124 variables y 84 umbrales para Tepeji. Para obtener detalles sobre los umbrales usados, consulte el Anexo 8.

Aproximadamente el 77% de todos los datos necesarios se pudieron recopilar para la evaluación de sostenibilidad en Panajachel y ~76% para Tepeji (Tabla 2).

Tabla 2: Información recopilada e informatizada para Panajachel y Tepeji (reproducido de Benavides et al. (2019))

Todos los niveles: Información encontrada				Nivel 01: Información encontrada			Nivel 01: Información encontrada y útil	
	Total ítems	Ítems encontrados	% Encontrados	Total ítems	Ítems encontrados	%	Número de ítems encontrados y útiles	%
Panajachel								
Dataset I	186	88	47.31	98	73	74.49	52	71.23
Dataset II	31	23	74.19	18	16	88.89	10	62.50
TOTAL	218	112	51.38	117	90	76.92	62	68.89
Tepeji								
Dataset I	155	93	60.00	107	81	75.70	48	59.26
Dataset II	25	18	72.00	17	12	70.59	7	58.33
TOTAL	195	121	62.05	127	96	75.59	55	57.29

Sin embargo, de los datos que se recopilaron, sólo se pudo usar una fracción para la evaluación de la variable, como se puede ver en la última columna de la tabla anterior. Las razones por las cuales algunos de los datos tuvieron que ser descartados fueron:

1. **Calidad de los datos:** algunas veces las partes interesadas no proporcionaron datos o documentación de respaldo para los datos que proporcionaron, o hubo una diferencia demasiado grande entre los diferentes datos encontrados para un mismo elemento y no hubo una manera razonable de elegir entre ellos.
2. **No existe un umbral:** en otros casos, los datos se pudieron obtener, pero no se encontró un umbral y, por lo tanto, los datos no pueden contrastarse con un valor de referencia.
3. **Umbral existente pero no aplicable:** en otros casos, se consideró que un dato era relevante y se encontró un umbral, pero una vez en el campo se pudo verificar que la variable no era relevante en esa planta en particular. Un buen ejemplo de este caso son las variables incluidas en el marco de datos para las variables de calidad del lodo, para las cuales existe un umbral, pero debido a que la planta en Tepeji hasta ahora no ha producido ningún lodo, la variable no es aplicable.

Este proceso de filtrado eliminó ~32% de los datos de Panajachel y ~ 43% de los datos recopilados para Tepeji. Con los datos restantes, procedimos a evaluar las variables (62 variables para Panajachel, 55 variables para Tepeji, ver el Anexo 12 para detalles) para la evaluación de sostenibilidad.

Cálculo de la Distancia al Objetivo

La Sostenibilidad fue evaluada siguiendo el enfoque de distancia al objetivo descrito en la sección referente a los métodos (Table 3), y usando los umbrales mostrados en el Anexo 9.

Tabla 3: Evaluación de la sostenibilidad usando el enfoque de "distancia al objetivo" para Panajachel y Tepeji (adaptado de Benavides et al. (2019))

Evaluación de la sostenibilidad - Panajachel												
Dimensión	Balance General				Número de variables por categoría			Porcentaje de variables por categoría			Dimensión media (Bertanza et al. 2016)	
	Variables totales	Con info	% de datos con info	Rendimiento			Rendimiento					
				Rojo	Amarillo	Verde	Rojo	Amarillo	Verde			
										Valor		Color
Técnico-Ambiental (TA)	99	52	53%	27	2	23	52%	4%	44%	-0.08	Y	
Económica (Ec)	8	3	38%	3	0	0	100%	0%	0%	-1.00	R	
Social (S)	10	7	70%	2	2	3	29%	29%	43%	0.14	Y	
Total o Media	117	62	53%	32	4	26	60%	11%	29%	-0.31	Y	

Evaluación de la Sostenibilidad - Tepeji												
Dimensión	Balance General				Número de variables por categoría			Porcentaje de variables por categoría			Dimensión media (Bertanza et al. 2016)	
	Variables totales	Con info	% de datos con info	Rendimiento			Rendimiento					
				Rojo	Amarillo	Verde	Rojo	Amarillo	Verde			
										Valor		Color
Técnico-Ambiental (TA)	107	48	45%	15	0	33	31%	0%	69%	0.38	G	
Económica (Ec)	7	0	0%	0	0	0	ND	ND	ND	ND	ND	
Social (S)	10	7	70%	2	2	3	29%	29%	43%	0.14	Y	
Total o Media	124	55	44%	17	2	36	ND	ND	ND	ND	ND	

*R: Rojo Y: Amarillo G: Verde ND: sin datos



Panajachel, Guatemala

En el caso de la PTAR Los Cebollales en Panajachel, la evaluación de la sostenibilidad se realizó con 62 variables (53% del total), principalmente debido a la disponibilidad de datos y la aplicabilidad de los umbrales. Para las dimensiones técnico-ambiental, económica y social se utilizaron 52 variables (53%), 3 (38%) y 7 (70%), respectivamente. Todas las dimensiones muestran un rendimiento medio (amarillo), excepto la dimensión económica, categorizada como baja (rojo). De este modo, se logra una puntuación global correspondiente a la categoría amarilla, lo que indica un nivel medio de sostenibilidad. Sin embargo, esta puntuación se ubica aproximadamente por encima del límite más bajo (categoría roja), lo que implica una sostenibilidad general media-baja.

En la dimensión técnico-ambiental, la situación está bastante polarizada: con 23 variables categorizadas como verdes y 27 como rojas; mientras que solo 2 variables encajan en la categoría amarilla (ver Anexo 12a para detalles sobre los resultados para cada variable). Por un lado, entre las variables con buen rendimiento, es importante destacar el cumplimiento de (1) el contenido de metales en la salida (excepto por la presencia de arsénico en el lodo) y (2) la cuota de muestreo por año. Por otro lado, la mayoría de las variables críticas (en rojo) están relacionadas con dos áreas: (1) nutrientes y sustancias orgánicas y (2) variables de manejo. En el primer caso, involucra variables como el nitrógeno total, el fósforo total, la DBO, la DQO y los coliformes, que no cumplen ni en la entrada ni en la salida. En este último caso, el bajo rendimiento está relacionado principalmente con el bajo mantenimiento y con las actividades de operación (por ejemplo, sin mantenimiento regular y sin acceso a un manual de operaciones) y las malas condiciones de trabajo (por ejemplo, no hay capacitación adecuada ni una buena equipación, y los salarios se pagan irregularmente).

En la dimensión económica, las variables que pudieron evaluarse no tuvieron un buen rendimiento. El costo anual per cápita del tratamiento de aguas residuales en Panajachel es 1,7 USD más alto que el valor estándar para plantas de lodos activados proporcionado por la OMS (Organización Mundial de la Salud 2006, vol. 2). Además del alto costo per cápita, existe un déficit presupuestario que afecta a los aspectos de gestión mencionados en la dimensión técnico-ambiental. Otro aspecto que favorece esta situación es la no valorización de los subproductos generados (por ejemplo, el biogás y los lodos estabilizados).

Sobre la dimensión social, hay una distribución más homogénea entre las tres categorías: 43% verde, 29% amarillo y 29% rojo. En general, las partes interesadas están conscientes e interesadas en la situación de la gestión de las aguas residuales, pero no aceptan las soluciones que existen actualmente. Es importante tener en cuenta que el grupo de entrevistados no es completamente representativo en términos de cantidad (Sección 4.2.2.1 Identificación de las partes interesadas); y que el análisis social aún requiere de un análisis cualitativo de las entrevistas con expertos realizadas para comprender mejor los resultados obtenidos.

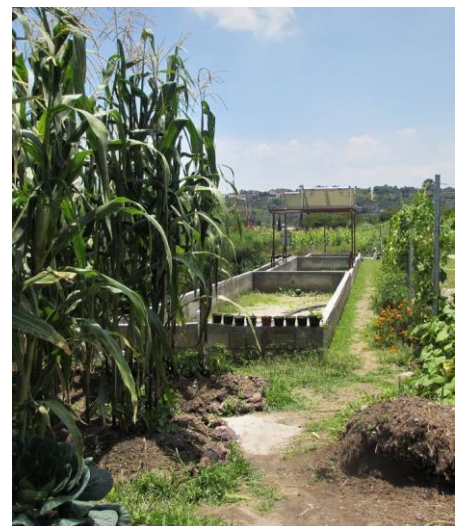
Tepeji, México

El nivel de sostenibilidad de la PTAR en Tlaxinacalpan muestra un rendimiento de medio a bueno en las dimensiones disponibles. En este caso, la sostenibilidad se evaluó en función de 55 variables, que representan solo el 44% de las variables totales para este sitio piloto. La distribución es la siguiente: 48 variables para la dimensión técnico-ambiental y 7 para la dimensión social (consulte el Anexo 12b para obtener más detalles sobre los resultados de cada variable). La dimensión económica no se pudo evaluar porque los datos de las variables no estaban disponibles. Por lo tanto, la evaluación de sostenibilidad es incompleta para este sitio.

En la dimensión técnico-ambiental, de las 48 variables evaluadas en esta dimensión, 33 se clasificaron como verdes y 15 como rojas. Con esta distribución, el valor del puntaje para esta dimensión alcanza cerca del límite inferior de la categoría verde. Entre las variables categorizadas como verdes existe un buen cumplimiento de las variables relacionadas con (1) los metales (NOM 001) (excepto para el cadmio -con 0,02 mg/l-) y (2) las variables físicas (SST, conductividad, color, materia flotante, grasa y aceites). Mientras que en la categoría roja las variables críticas están relacionadas principalmente con (1) el nitrógeno total y los coliformes fecales; y (2) la gestión. En el primer caso, es importante mencionar que las variables de calidad del agua de salida no cumplían totalmente con la norma mexicana (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional del Agua 1997, sección 001) para la descarga y el uso de aguas residuales tratadas en la agricultura, ni con las directrices de la OMS para el uso de aguas residuales en la agricultura (Organización Mundial de la Salud 2006, vol. 2). Con respecto a las variables relacionadas a la gestión, los problemas están presentes con respecto a: la disponibilidad de un manual de operación para las partes interesadas clave; la formación adecuada de los trabajadores; muestreo regular de actividades y análisis; y la existencia de evaluaciones de riesgos para la salud.

Como ya se mencionó, la dimensión económica no se pudo evaluar debido a la falta de información, lo que en sí mismo no es un buen indicador. Sin embargo, esta dimensión se dejó en blanco, sin más clasificación.

En términos de la dimensión social, la distribución entre las categorías es la misma que en Panajachel: 43% categorizado como verde y 29% categorizado para las categorías amarilla y roja. En este caso, las partes interesadas indicaron que son conscientes y están interesadas en la situación de la gestión de las aguas residuales, pero no hay suficiente información o acceso a ella, y no hay oportunidades para participar en las actividades de toma de decisiones o recomendaciones. Además, existe un problema generalizado de aceptación y percepción con respecto a los sistemas actuales de gestión de aguas residuales. Al igual que en el caso de Panajachel, es importante mencionar el análisis cualitativo adicional que debe considerarse.



5.2. Análisis de las Partes Interesadas

5.2.1. Identificación de las Partes Interesadas

En el primer paso del análisis de las partes interesadas, se identificaron 31 partes interesadas, que pueden afectar o pueden verse afectadas por el sistema de tratamiento de aguas residuales en la PTAR Los Cebollales de Panajachel. Al aplicar el muestreo de bola de nieve en campo, se agregaron 31 partes interesadas a la creciente lista de partes interesadas. La lista final de partes interesadas consta de 62 partes interesadas (ver el Anexo 10a).

Para Tepeji se identificaron 12 partes interesadas. Al aplicar el muestreo de bola de nieve en campo, se agregaron 5 partes interesadas. La lista final consta de 17 partes interesadas (ver Anexo 10b).

5.2.2. Diferenciación y categorización de las partes interesadas

Para Panajachel, de las 62 partes interesadas, se identificaron 13 grupos mediante el método de categorización analítica (top-down) (Figura 5.1): 1) Municipio, 2) Operarios de la PTAR, 3) Administradores de la PTAR, 4) Responsables internacionales de la toma de decisiones 5) Responsables nacionales de la toma de decisiones 6) Responsables estatales de la toma de decisiones 7) Representante de la comunidad, 8) Academia nacional, 9) Sector privado, 10) Comunidad local, 11) ONG, 12) Asociaciones de la comunidad y 13) Otros. De los 13 grupos de partes interesadas, se seleccionaron 10 actores clave de 8 grupos de partes interesadas diferentes para realizar entrevistas de expertos.

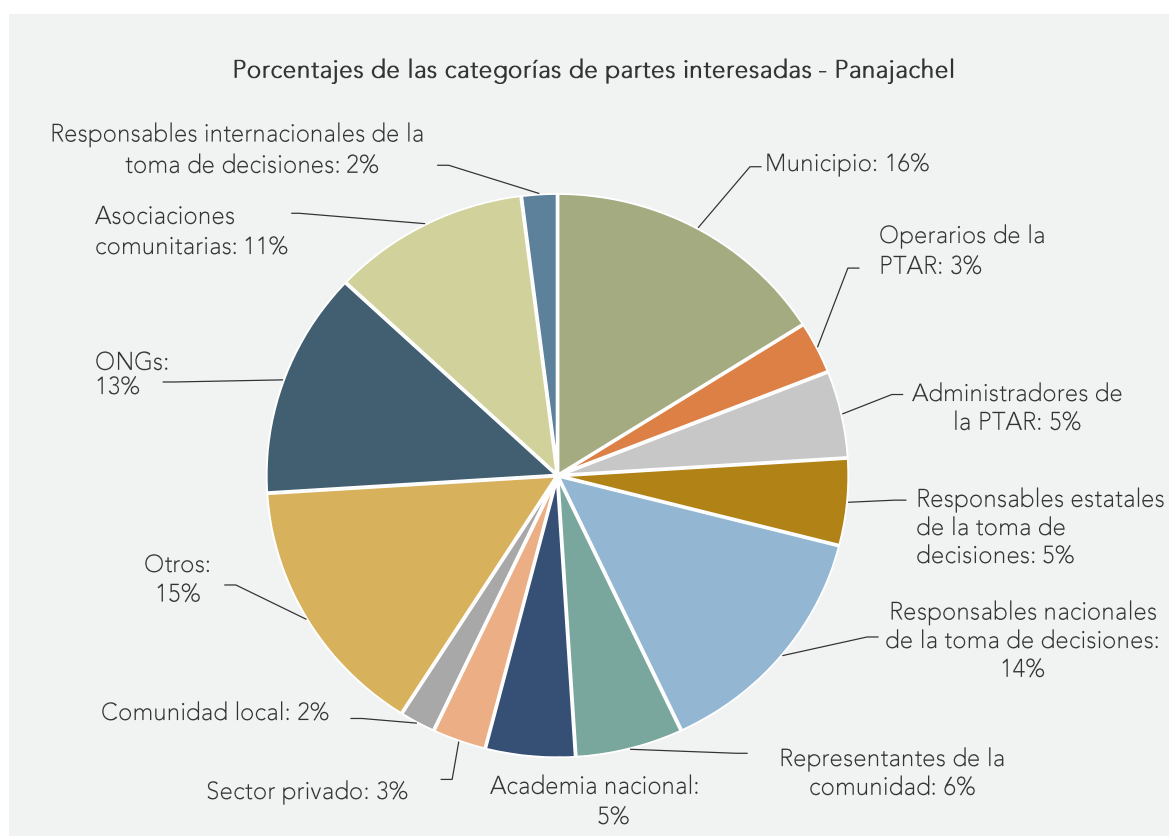


Figura 5.1: Resumen de las partes interesadas identificadas según categoría para Panajachel, Guatemala

Para Tepeji, de los 17 grupos de interés, se identificaron 10 grupos de actores (Figura 5.2): 1) Municipio, 2) Operarios de PTAR, 3) Administradores de PTAR, 4) Responsables estatales de la toma de decisiones, 5) Responsables nacionales de la toma de decisiones, 6) Representante de la comunidad, 7) Academia nacional, 8) Sector privado, 9) Comunidad local, 10) Otros. De los 10 grupos de partes interesadas, se seleccionaron 7 partes interesadas clave de 7 grupos diferentes para realizar entrevistas de expertos.

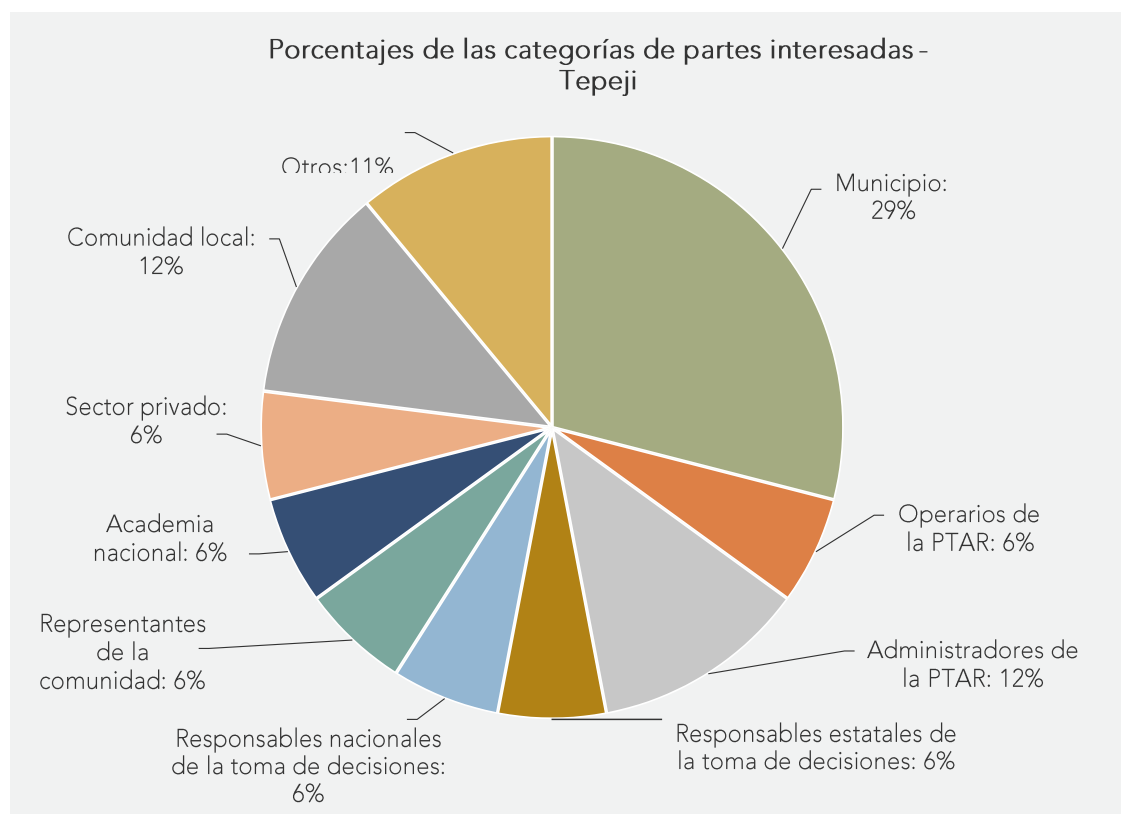


Figura 5.2: Resumen de las partes interesadas identificadas según categoría para Tepeji, México

5.2.3. Investigación de las relaciones entre las partes interesadas

En cuanto a las características de la red, se encontraron similitudes en ambos casos en las diferentes categorías:

Outdegree/Indegree (Grados de salida y de entrada de relaciones sociales)

Una red social se define como una red de enlace fuerte si las conexiones reales están en línea con las conexiones potenciales (Granovetter 1973). Cuanto mejor sea la conexión entre todas las partes interesadas, mayor será el ámbito de acción. En ambos casos piloto, la estructura de la red social muestra una gran fijación en un punto de vista, con bastantes fuertes partes interesadas claves (consulte la lista completa en la Tabla 4).

Intercambio de Información

Tanto en Guatemala como en México, la disponibilidad de información es escasa. La información existente en forma de documentos y datos se concentra en sólo unas pocas partes interesadas clave, y en la mayoría de los casos, aquellos que tienen mucha información rara vez comparten la información con otras partes interesadas. Además, el conocimiento del *status quo* del sistema de tratamiento de aguas residuales está altamente fragmentado.

Toma de decisiones

Las partes interesadas con más información no son necesariamente las que toman las decisiones. Las partes interesadas que podrían tener un impacto en la toma de decisiones a menudo carecen de la información, ya que la mayoría de la información es inexistente o inaccesible.

Solución sostenible

Las partes interesadas clave que se necesitan para implementar una solución sostenible no son necesariamente las que están involucradas en el proceso de toma de decisiones. De hecho, estas partes interesadas a menudo sólo tienen una red de enlace débil con la otra parte interesada involucrada.

Confianza

Una de las características clave de una red de vínculos fuertes es la confianza (Granovetter 1973). La cooperación y la colaboración basada en la confianza suele ser más efectiva y más eficiente. Construir una relación de confianza generalmente requiere mucho tiempo y continuidad. Sin embargo, ambos sitios piloto se encuentran en un contexto social caracterizado por la desconfianza y la corrupción (Transparency International e.V. n.d.).

Sin embargo, además de estas características comunes, ambos casos deben considerarse por separado, ya que el contexto social de los dos sitios piloto difiere entre sí. Para capturar los diferentes niveles de influencia de las partes interesadas en ambos casos, éstas se agruparon en función del grado de influencia que tienen en las diferentes categorías. La siguiente sección muestra los resultados de la agrupación en: **Partes interesadas claves:** aquellas con influencia o importancia significativas; **Partes interesadas primarias:** los más afectados en última instancia; **Partes interesadas secundarias:** los intermediarios, que son indirectamente afectados o afectan indirectamente; **Partes interesadas terciarias:** aquellos que serán los menos afectados.

Tabla 4: Agrupación de partes interesadas en Panajachel y Tepeji

Outdegree (Grado de entrada)		
		
Partes interesadas claves	AMSCLAE, Comunidad, Amigos del Lago, Atitlán	FIAVHI, CAAMTROH, Comunidad
Partes interesadas Primarias	MankAtitlán, MARN	CONAGUA
Partes interesadas Secundarias	Operador de la planta Panajachel, Gerente de la planta Panajachel, Cocode nuevo, Biblioteca, Municipalidad	Operador Tlaxinacalpan
Partes interesadas Terciarias	Alcalde Panajachel, Alcalde Sololá, AMSA, ANACAFE, Asociación de Areneros, Asociación de comerciales, Asociación de Hospedaje, Asociación de Tuc, Asociación Hoteleros, Asociación Lancheros, CAMTUR, Cementos Progreso, Centros de Estudios Atitlán- Universidad del Valle, CMI Energía, Cocode anterior, Codede Alcaldes Auxiliares, CONAP, Consejo de ancianos y ancestrales, Consejo Municipal, DIGAM, Diputados, Directora de Mujeres Mayas, Eris USAC, FAO, Gerente de la planta Santa Cruz, Gerente de la planta Sololá, Gobernación, Gobernador, Gobierno Central, Hotel Casa del Mundo, Jefatura de área, Juan Skinner (academic), Marvin Romero, Mayan Families, Mesa técnica de agua, MFDDeS, Ministerio de Cultura, Ministerio de Salud, Mujeres Mayas, Muni Concepción, Muni San Yres Semetabaj, Operador de la planta Sololá, PAMI, Proyecto ProAtitlán, Puravida, Secretaria Técnica Cambio Climático (SGCC), SEGEPLAN, Supervisión Educativa, The Friendship Bridge, Viviamos mejor	Instituto de Geología UNAM, Patronato de futbol, SEDESOL, Ejiditario, Delgado de Tlaxinacalpan, Secretario de obras públicas, Ecología, Sanidad y Salud Municipal, Presidencia Municipal
Indegree (Grados de entrada)		
Partes interesadas claves	Comunidad, Atitlab	CAAMTROH, Comunidad
Partes interesadas Primarias	AMSCLAE, Amigos del Lago, MankAtitlán	FIAVHI
Partes interesadas Secundarias	Operador de la planta Panajachel, Gerente de la planta Panajachel, Cocode nuevo, MARN, Biblioteca, Municipalidad	Operador Tlaxinacalpan, CONAGUA



Panajachel



Tepeji

Partes interesadas Terciarias	Alcalde Panajachel, Alcalde Sololá, AMSA, ANACAFE, Asociación de Areneros, Asociación de comerciales, Asociación de Hospedaje, Asociación de Tuc Tuc, Asociación Hoteleros, Asociación Lancheros, CAMTUR, Cementos Progreso, Centros de Estudios Atitlán- Universidad del Valle, CMI Energía, Cocode anterior, Codede Alcaldes Auxiliares, CONAP, Consejo de ancianos y ancestrales, Consejo Municipal, DIGAM, Diputados, Directora de Mujeres Mayas, Eris USAC, FAO, Gerente de la planta Santa Cruz, Gerente de la planta Sololá, Gobernación, Gobernador, Gobierno Central, Hotel Casa del Mundo, Jefatura de área, Juan Skinner (academic), Marvin Romero, Mayan Families, Mesa técnica de agua, MFDDeS, Ministerio de Cultura, Ministerio de Salud, Mujeres Mayas, Muni Concepción, Muni San Yres Semetabaj, Operador de la planta Sololá, PAMI, Proyecto ProAtitlán, Puravida, Secretaria Técnica Cambio Climático (SGCC), SEGEPLAN, Supervisión Educativa, The Friendship Bridge, Vivimos mejor	Instituto de Geología UNAM, Patronato de futbol, SEDESOL, Ejiditario, Delgado de Tlaxinacalpan, Secretario de obras públicas, Ecología, Sanidad y Salud Municipal, Presidencia Municipal
-------------------------------	--	--

Intercambio de Información

Partes interesadas claves	Comunidad	FIAVHI, CAMTROH
Partes interesadas Primarias	AMSCLAE, Amigos del Lago, Mank Atitlán, Atitlab, Cocode nuevo	Comunidad
Partes interesadas Secundarias	Operador de la planta Panajachel, Gerente de la planta Panajachel, MARN	CONAGUA, Operador Tlaxinacalpan
Partes interesadas Terciarias	Alcalde Panajachel, Alcalde Sololá, AMSA, ANACAFE, Asociación de Areneros, Asociación de comerciales, Asociación de Hospedaje, Asociación de Tuc Tuc, Asociación Hoteleros, Asociación Lancheros, CAMTUR, Cementos Progreso, Centros de Estudios Atitlán- Universidad del Valle, CMI Energía, Cocode anterior, Codede Alcaldes Auxiliares, CONAP, Consejo de ancianos y ancestrales, Consejo Municipal, DIGAM, Diputados, Directora de Mujeres Mayas, Eris USAC, FAO, Gerente de la planta Santa Cruz, Gerente de la planta Sololá, Gobernación, Gobernador,	Instituto de Geología UNAM, Patronato de futbol, SEDESOL, Ejiditario, Delgado de Tlaxinacalpan, secretario de obras públicas, Ecología, Sanidad y Salud Municipal, Presidencia Municipal



Panajachel



Tepeji

	Gobierno Central, Hotel Casa del Mundo, Jefatura de área, Juan Skinner (academic), Marvin Romero, Mayan Families, Mesa técnica de agua, MFDeS, Ministerio de Cultura, Ministerio de Salud, Mujeres Mayas, Muni Concepción, Muni San Yres Semetabaj, Municipalidad Panajachel, Operador de la planta Sololá, PAMI, Proyecto ProAtitlán, Puravida, Secretaria Técnica Cambio Climático (SGCC), SEGEPLAN, Supervisión Educativa, The Friendship Bridge, Viviamos mejor	
Toma de decisiones		
Partes interesadas clave	Alcalde Panajachel, Municipalidad, Ministerio de Salud, Consejo municipal, Gobierno central, CONAP	Sanidad y Salud, Ecología, Presidencia Municipal
Partes interesadas Primarias	AMSCLAE, Gerente de la planta Panajachel, Gobernador, MankAtitlán	FIAVHI, CAAMTROH, secretario de obras publicas
Partes interesadas Secundarias	Consejo de ancianos y ancestrales, Diputados, Centros de Estudios Atitlán, Amigos del Lago	WWTP Operator, Delgado, Instituto de Geología UNAM, Comunidad
Partes interesadas Terciarias	Alcalde Sololá, AMSA, ANACAFE, Asociación de Areneros, Asociación de comerciales, Asociación de Hospedaje, Asociación de Tuc Tuc, Asociación Hoteleros, Asociación Lancheros, Atitlab, CAMTUR, Cementos Progreso, CMI Energía, Cocode anterior, Cocode nuevo, Codede Alcaldes Auxiliares, Comunidad, DIGAM, Directora de Mujeres Mayas, Eris USAC, FAO, Gerente de la planta Santa Cruz, Gerente de la planta Sololá, Gobernación, Hotel Casa del Mundo, Jefatura de área, Juan Skinner (academic, Marvin Romero, Mayan Families, Mesa técnica de agua, MFDeS, Ministerio de Cultura, MARN, Mujeres Mayas, Muni Concepción, Muni San Yres Semetabaj, Operador de la planta Panajachel, Operador de la planta Sololá, PAMI, Proyecto ProAtitlán, Puravida, Secretaria Técnica Cambio Climático (SGCC), SEGEPLAN, Supervisión Educativa, The Friendship Bridge, Viviamos mejor	Patronato de futbol, SEDESOL, Ejidatario, Delegado de Tlaxinacalpan



Panajachel



Tepeji

Solución Sostenible		
Partes interesadas claves	Alcalde de Panajachel, Municipalidad, Ministerio de Salud, Consejo municipal, Gobierno Central, MARN	Sanidad y Salud, Ecología, Presidencia Municipal, Secretario de obras publicas
artes interesadas Primarias	Gobernador, AMSCLAE, CONAP, Consejo de ancianos y ancestrales, Cocode anterior, Gerente de la planta Panajachel	FIAVHI, CONAGUA, Delegado de Tlaxinalcalpan, Instituto de Geología UNAM,
Partes interesadas Secundarias	Operador de la planta Panajachel, Comunidad, Cocode nuevo, Amigos del Lago	CAAMTROH, Comunidad, Ejidatario, SEDESOL
Partes interesadas Terciarias	Alcalde Sololá, AMSA, ANACAFE, Asociación de Areneros, Asociación de comerciales, Asociación de Hospedaje, Asociación de Tuc Tuc, Asociación Hoteleros, Asociación Lancheros, Atitlab, CAMTUR, Cementos Progreso, Centros de Estudios Atitlán- Universidad del Valle, CMI Energía, Codede Alcaldes Auxiliares, DIGAM, Diputados, Directora de Mujeres Mayas, Eris USAC, FAO, Gerente de la planta Santa Cruz, Gerente de la planta Sololá, Gobernación, Hotel Casa del Mundo, Jefatura de área, Juan Skinner (academic), MankAtitlán, Marvin Romero, Mayan Families, Mesa técnica de agua, MFDeS, Ministerio de Cultura, Mujeres Mayas, Muni Concepción, Muni San Yres Seme-tabaj, Operador de la planta Sololá, PAMI, Proyecto ProAtitlán, Puravida, Secretaria Técnica Cambio Climático (SGCC), SEGEPLAN, Supervisión Educativa, The Friendship Bridge, Viviamos mejor	Operador Tlaxinalcalpan, Patronato de futbol
Confianza		
Partes interesadas clave	Operador de la planta Panajachel, Viviamosmejor, Centrosde Estudios Atitlán, CONAP, Amigos del Lago, AMSCLAE, ERIS USAC, Alcalde Panajachel	FIAVHI, Presidencia Municipal, Delegado de Tlaxinalcalpan
Partes interesadas Primarias	Gerente de la planta Panajachel, MankAtitlán, Proyecto pro Atitlán, Consejo de ancianos y ancestrales, Gobernador, Gobierno Central, Municipalidad Panajachel, Consejo Municipal, Ministerio de Salud	Operador Tlaxinalcalpan, Sanidad y Salud Municipal, Ecología, SEDESOL, Secretario de obras publicas, Instituto de Geología UNAM, CONAGUA, Comunidad



		
Partes interesadas Secundarias	Reserva Natural Atitlán, Cocode anterior, ANACAFE	CAAMTROH, Patronato de futbol
Partes interesadas Terciarias	Alcalde Sololá, AMSA, Asociación de Areneros, Asociación de comerciales, Asociación de Hospedaje, Asociación de Tuc Tuc, Asociación Hoteleros, Asociación Lancheros, Atitlab, CAMTUR, Cementos Progreso, CMI Energía, Cocode nuevo, Codede Alcaldes Auxiliares, Comunidad, DIGAM, Diputados, Directora de Mujeres Mayas, FAO, Gerente de la planta Santa Cruz, Gerente de la planta Sololá, Gobernación, Hotel Casa del Mundo, Jefatura de área, Juan Skinner (academic), Marvin Romero, Mayan Families, Mesa técnica de agua, MFDeS, Ministerio de Cultura, MARN, Mujeres Mayas, Muni Concepción, Muni San Yres Semetabaj, Operador de la planta Sololá, PAMI, Puravida, Secretaria Técnica Cambio Climático (SGCC), SEGEPLAN, Supervisión Educativa, The Friendship Bridge	Ejidatario

5.3. Análisis de Retorsión

Desde el resultado del taller, el problema "Uso seguro de las aguas residuales en el valle de Mezquital" y "Gestión de las aguas residuales en Guatemala" parece ser altamente retorcido (Caucci y Hettiarachchi 2017; UNU-FLORES 2018). Esto se basa en grados bastante altos de conflictos de objetivos, complejidad del sistema e incertidumbres informativas. Además, nuestros análisis revelan que los procesos de planificación en ambos sitios piloto abordan la retorsión del problema de forma muy limitada. Esto se refiere tanto a las diferentes categorías de gestión (inversión en recursos, la implementación de actividades, resultados y consecuencias relevantes) (ver Figura 5.3) como a las diferentes categorías de problemas complejos (Figura 5.4). Las siguientes secciones desarrollan más extensamente estos resultados.

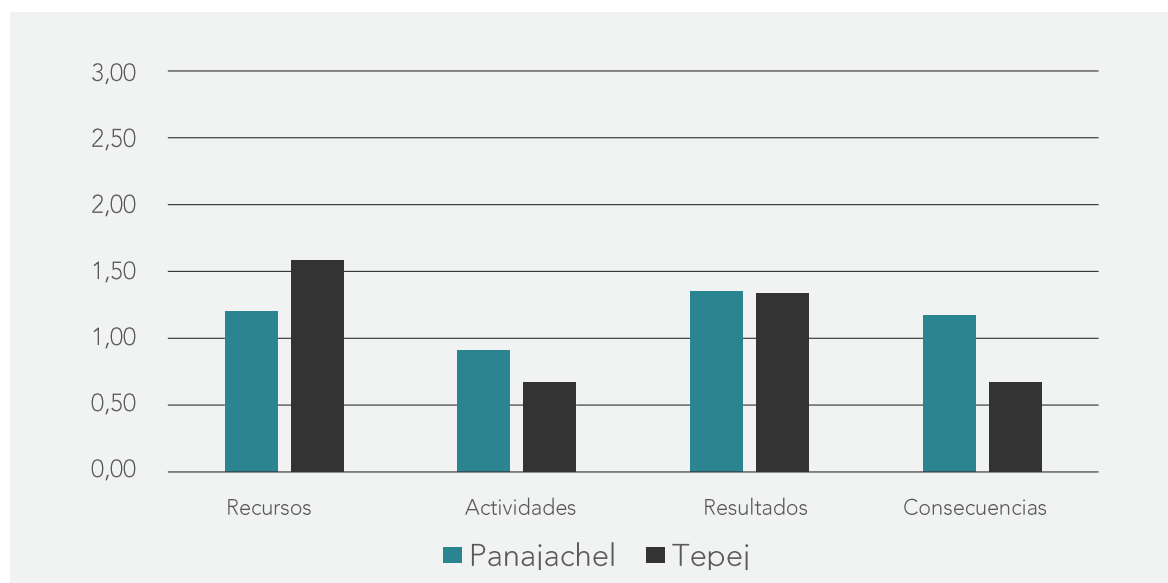


Figura 5.3: Grado de resolución del problema en Panajachel y Tepeji para las categorías de gestión (0 = bajo grado, 3 = alto grado)

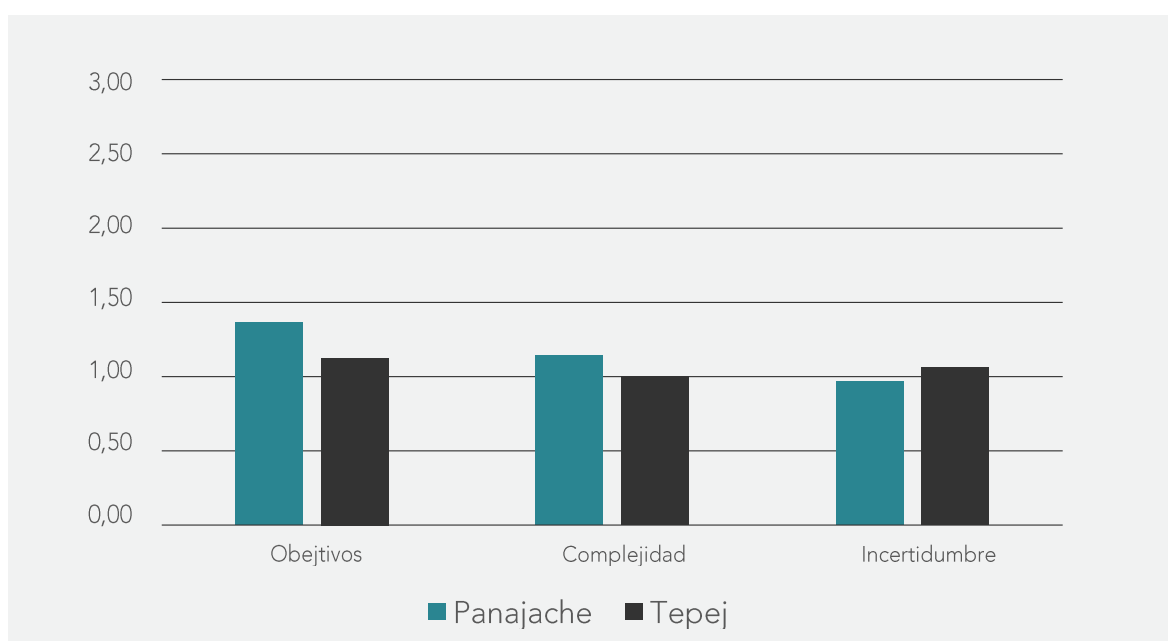


Figura 5.4: Grado de resolución del problema en Panajachel y Tepeji para las categorías de retorsión (0 = bajo grado, 3 = alto grado)

Panajachel, Guatemala

Según nuestro análisis, el problema 'Gestión de aguas residuales en Guatemala' parece ser altamente retorcido (UNU-FLORES 2018).

Conflictos de objetivos (nivel de retorsión: alto): Los participantes en el taller destacaron que existe un interés común en lograr una buena calidad de agua. Sin embargo, existen conflictos a nivel social, económico, técnico e institucional que impiden el logro de una buena calidad del agua. En términos del conflicto social, la población no necesariamente está de acuerdo con las opciones de solución, como el uso de aguas residuales tratadas. En cuanto a los aspectos económicos, la capacidad de pago por las tecnologías de tratamiento es limitada en la población local, ya que parte de la misma vive en la pobreza absoluta. En cuanto a los conflictos técnicos, falta, por ejemplo, personal calificado. Respecto a las instituciones, la falta de coordinación conduce a una duplicación de funciones de las instituciones individuales, lo que de nuevo resulta en conflictos potenciales entre esas instituciones.



Complejidad del sistema (nivel de retorsión: alto): El problema está influenciado por muchos factores, entre ellos los factores naturales (por ejemplo, la topografía específica, el clima) y los factores sociales (por ejemplo, las responsabilidades de los gobiernos, el nivel de educación, los intereses de las comunidades indígenas, las asociaciones), organizaciones turísticas, y los tres niveles gubernamentales). Los factores que influyen en la solución del problema también están sujetos a procesos dinámicos. Hay, por ejemplo, dinámicas exponenciales asociadas al cambio climático (por ejemplo, temperaturas cambiantes). Además, los participantes destacaron las dinámicas lineales con respecto a las dimensiones sociales (por ejemplo, el desarrollo demográfico y las condiciones sociales y políticas vinculadas, un número creciente de turistas en la región). Estos factores también están altamente interconectados, especialmente a nivel social en términos de los actores.

Incertidumbre de información (nivel de retorsión: alto): Aun cuando hay datos e información disponible, éstos a veces se encuentran dispersos en diferentes instituciones. Además, también hay una importante falta de información con respecto a factores naturales y sociales. En términos de factores naturales, los datos y la información no tienen en cuenta, por ejemplo, la cantidad y calidad del agua, la precipitación, la temperatura, los tipos de suelo y la topografía y los bosques existentes entre otros. En términos de datos e información social, faltan datos sobre el número real de habitantes y los desarrollos demográficos futuros, la población flotante debido al turismo, las evaluaciones de los beneficios económicos, sociales y ambientales, una caracterización de los usos típicos del agua, así como las instrucciones de funcionamiento. La obtención de datos e información se ve obstaculizada por la falta de capacidades de planificación, metodologías y la voluntad de recopilar y compartir información, entre otros.

En cuanto a los procesos de planificación para abordar problemas retorcidos, nuestro análisis revela grados bastante bajos de resolución de problemas (ver Anexo 13). Esto se refiere a las tres dimensiones de la retorsión, con los valores más bajos para la incertidumbre (0,96), valores un poco más altos para la complejidad del sistema (1,14) y valores más altos para los conflictos de objetivos (1,37). Esto también se refiere a las cuatro etapas de la planificación, con valores particularmente bajos en la etapa de actividades (0,91), y valores un poco más altos para las etapas de consecuencias (1,17), recursos (1,20) y resultados (1,35). Los valores bajos generales indican que el proceso de gestión aborda las tres dimensiones de los problemas retorcidos de forma limitada, comenzando con recursos limitados desde ese momento en adelante. El análisis cualitativo mostrará qué argumentos explican estos resultados.



Tepeji, México

Según nuestro análisis, el problema del "Uso seguro de las aguas residuales en el Valle de Mezquital" puede considerarse altamente retorcido (Caucci y Hettiarachchi 2017).

Conflictos de objetivos (nivel de retorsión: alto): los intereses comunes de los actores, especialmente con respecto a la priorización de los aspectos económicos, fueron destacados en el taller. Sin embargo, también existe un conflicto de intereses relevante entre las partes interesadas. Por un lado, algunos actores están interesados en la reutilización de las aguas residuales. Por otro lado, diferentes grupos de actores, como los agricultores, los consumidores y el sector de la salud, tienen inquietudes acerca de la reutilización de las aguas residuales. Los agricultores, por ejemplo, se abstienen de cambiar sus prácticas de uso del agua debido a la falta de confianza (oficiales y operarios de operaciones y mantenimiento) y al desconocimiento. De la misma manera, los consumidores se sienten inseguros sobre el riego de los cultivos con aguas residuales. Al sector de la salud le preocupa particularmente la aparición de epidemias en el Valle del Mezquital, como el cólera. Para abordar estos intereses en conflicto, es necesario que haya negociaciones entre todos los actores involucrados. Sin embargo, los políticos parecen enfrentar limitaciones legales en tales asuntos y tienden a priorizar otros aspectos.

Complejidad del sistema (nivel de retorsión: alto): el uso de aguas residuales en la agricultura (SUWA) en el Valle del Mezquital está influenciado por un gran número de factores: los actores involucrados, las prácticas de reutilización de aguas residuales, la ubicación geográfica, la falta de alternativas al uso no tratado de aguas residuales, y las condiciones marco. En términos de actores, los participantes en el taller destacaron las interacciones entre grupos de actores (gobierno, agricultores y la sociedad) que tienen diferentes antecedentes educativos e intereses en relación a la reutilización de aguas residuales. Este hecho complica el desarrollo de una solución común.

Los factores que influyen en la aplicación de la reutilización segura de aguas residuales en la agricultura en el área de Mezquital también están sujetos a procesos dinámicos. En términos de actores, por ejemplo, el crecimiento continuo de la población y la rotación de los políticos cada cinco años complican los procesos de planificación. Además, las interconexiones entre factores no hacen posible cambios en las prácticas agrícolas o en las políticas. Un ejemplo de una interconexión es la que existe entre el tipo de cultivo, las técnicas de riego y la propiedad de la tierra. Para comprender y abordar la complejidad del sistema, los gobiernos y las autoridades públicas deben aplicar modelos y herramientas de apoyo a las decisiones. Sin embargo, las escuelas y la amplia audiencia también necesitan apoyo. La administración del uso de aguas residuales en la agricultura y la concientización sobre los riesgos relacionados con las prácticas de aguas residuales no tratadas deben de ser temas a valorar.

Incertidumbre informativa (nivel de retorsión: medio): falta información sobre la reutilización segura de las aguas residuales en la agricultura tanto por parte del gobierno como de las comunidades locales. A pesar de que ciertas partes interesadas tienen conocimiento de los riesgos relacionados con el uso de aguas residuales no tratadas y la reutilización segura de las aguas residuales tratadas en la agricultura, dicha información no se ha compartido con los actores relevantes. Al mismo tiempo, la información disponible no es utilizada por los actores relevantes, ya sea porque el lenguaje utilizado para compartir la información es demasiado difícil de entender por la población local o la información no es lo suficientemente específica para la situación local. La falta de información generalmente se relaciona con la información que trata los beneficios sociales, la calidad de la salida de aguas residuales, los beneficios del tratamiento de aguas residuales y los costos.

Sin embargo, a partir de la sesión del taller, parece que la difusión de información relevante entre las partes interesadas parece ser factible. La información parece estar disponible en las oficinas gubernamentales pertinentes, entre los expertos locales y en los documentos oficiales (por ejemplo, en el censo agropecuario y de salud del Valle del Mezquital). Se dispone de estudios sobre el uso de aguas residuales tratadas y no tratadas, así como sobre las tecnologías de aguas residuales utilizadas para la agricultura, pero es necesario mejorar los informes y la difusión de dichos estudios. Las barreras sociales también impiden la disponibilidad de ejemplos de mejores prácticas para los estudios de implementación. Sin embargo, a pesar del conocimiento, otros problemas, como los conflictos de objetivos y la complejidad del sistema, parecen ser los principales responsables de frenar la transformación de las prácticas agrícolas en el valle de Mezquital.

En términos de los procesos de planificación para abordar problemas retorcidos, nuestro análisis revela grados bastante bajos de resolución de problemas (ver Anexo 13). Esto se refiere a las tres dimensiones de la retorsión, aquí con los valores más bajos para la complejidad del sistema (1,00), valores un poco más altos para la incertidumbre (1,06) y valores más altos para los conflictos de objetivos (1,13). Esto también se refiere a las cuatro etapas de la planificación, con valores particularmente bajos en la etapa de actividades y consecuencias (ambos 0,67), y valores un poco más altos para las etapas de resultados (1,33) y recursos (1,58). Los valores bajos en general indican que el proceso de gestión aborda las tres dimensiones de problemas retorcidos de forma limitada, comenzando con recursos limitados desde ese momento en adelante. Particularmente interesante es el hecho de que los recursos se invierten, pero sólo una parte restringida para implementar actividades, probablemente afectando de manera limitada las consecuencias. El análisis cualitativo mostrará qué argumentos explican estos resultados.

6. Discusión sobre Opciones de Solución y Orientaciones para la Acción

Aplicamos un Enfoque de Nexo para evaluar la situación actual de las aguas residuales en dos estudios de caso en América y determinamos los cuellos de botella y las vías de solución respectivas para mejorar la situación. Ambos casos tienen un sistema de tratamiento de aguas residuales insostenible, un paisaje fragmentado de partes interesadas y un alto grado de retorsión. En ambos casos, las partes interesadas identificaron la situación del tratamiento de aguas residuales en general como una causa importante de impactos ambientales mayores, en particular en los lagos cercanos. Las partes interesadas determinaron que mejorar el tratamiento local de las aguas residuales y la conciencia ambiental de la población podría mejorar como consecuencia la situación ambiental y proteger o mejorar las fuentes de ingresos de los lagos a través de la pesca y el turismo.

Utilizamos el pensamiento sistémico para determinar con mayor precisión el alcance del problema y utilizamos un enfoque de multiescalar para evaluar los múltiples límites de los sistemas interconectados. Aunque en principio esto demostró ser útil, ya que ayudó a comprender los problemas, prácticamente fue un desafío reunir los datos necesarios más allá de la escala más pequeña, la de la PTAR- dado el limitado tiempo del proyecto (15 meses, más 6 meses del trabajo de tesis anterior) para realizar realmente el análisis de sostenibilidad a múltiples escalas. Sin embargo, creemos que el desarrollo de la estructura de la base de datos ampliada, así como la metodología de selección de variables para llegar a las bases de datos específicas del sitio, es extremadamente útil para evaluar la situación de referencia de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales y realizar evaluaciones de sostenibilidad.

Los tres métodos de investigación para identificar opciones u orientaciones de soluciones demostraron claramente que la información se distribuye de manera desigual entre las partes interesadas. La evaluación de la sostenibilidad mostró una falta de datos fácilmente disponibles más allá de la escala de la PTAR y mostró un fuerte sesgo hacia más variables en la dimensión técnico-ambiental. La cantidad de poseedores de datos identificados para la escala PTAR también fue mayor que la de las otras 3 escalas. El análisis de la red de partes interesadas demostró claramente una fuerte distinción entre las partes interesadas que poseen información en comparación con las que toman decisiones, y en comparación con las que pueden conducir a una solución sostenible. El análisis de la retorsión mostró un grado de incertidumbre de información alto a medio para los casos, pero un alto nivel de complejidad del sistema y conflictos de objetivos para ambos sitios de estudio.

Dado que se considera que los interesados que podrían apoyar la implementación de una solución sostenible tienen intereses económicos, sociales o políticos en conflicto (alto grado de conflicto de objetivos), el alcanzar una solución sostenible parece altamente desafiante. Para el caso de Panajachel, el alcalde de Panajachel, la Municipalidad de Panajachel, el Ministerio de Salud, el Consejo Municipal, el Gobierno Central y el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) fueron identificados como actores clave para la implementación de soluciones sostenibles. El análisis de la retorsión para Panajachel identificó una falta de coordinación entre las instituciones y una falta general de voluntad para pagar el tratamiento de aguas residuales por parte de la población. La evaluación de sostenibilidad, a su vez, identificó una falta en el cumplimiento de las variables ambientales y técnicas, como la referida a la calidad básica del agua en términos de la carga de nutrientes, patógenos y compuestos orgánicos en el vertido final.

También identificó un costo per cápita excesivamente alto de la planta de tratamiento que coincide con el análisis de retorsión.

Para Tepeji, las partes interesadas Salud Municipal y Saneamiento, Ecología, Presidencia Municipal, Secretaría de Obras Públicas se consideran partes interesadas clave para la implementación de una solución sostenible. El análisis de la retorsión identificó una falta general de confianza en las prácticas de reutilización, la piedra angular de los sistemas FIAVHI, y un desafío político para las partes interesadas clave en la toma de decisiones (salud y saneamiento municipal, ecología, presidencia municipal) para abordar estos problemas desde una perspectiva legal. La evaluación de sostenibilidad careció de todas las variables económicas y confirma la falta de información de las partes interesadas sobre el (rendimiento y funcionamiento) de la planta de tratamiento. Una recomendación que sale como resultado de nuestros análisis es que la práctica actual de reutilización no debe continuar, ya que la planta fue diseñada para la reutilización agrícola, pero en realidad vierte a tierras accesibles al público (campo de fútbol) y no se pueden excluir los riesgos para la salud que esto implica.

Para avanzar de actuales plantas y sistemas de tratamiento de aguas residuales insostenibles a más sostenibles, los interesados clave y primarios identificados en (1) el intercambio de información, (2) la toma de decisiones y (3) la solución sostenible deben reunirse para a) evaluar sus conflictos de objetivos y buscar formas de mediar o superarlos, y b) reducir el nivel de incertidumbre en la información al compartir la información disponible entre ellos, pero también con las partes interesadas secundarias y terciarias. Posteriormente, estas mismas partes interesadas deberían considerar mejorar su nivel de buena planificación para el retorcido problema del tratamiento de aguas residuales, comenzando por invertir en las áreas identificadas de bajo rendimiento en la evaluación de sostenibilidad.



Sugerimos considerar las siguientes orientaciones de acción para:

- mejorar el rendimiento de las plantas de tratamiento;
- mejorar la recolección, el almacenamiento y el intercambio de datos;
- fortalecer las redes sociales;
- mejorar la gestión y las estrategias de gobierno.

6.1. Mejora del Rendimiento de las Plantas de Tratamiento para la Protección del Medio Ambiente

Ambos sistemas deben mejorar significativamente su cumplimiento de la normativa de vertidos con respecto al nitrógeno total y la eliminación de coliformes fecales. A continuación, se dan una serie de orientaciones técnicas sobre cómo acercarse a este objetivo en cada uno de los dos casos. Además, la capacitación del personal de la PTAR puede mejorarse proporcionándole información básica, como manuales de operación y datos regulares sobre el rendimiento del sistema. Las medidas básicas de seguridad, como proveer de zonas para el lavado de manos o el cambio de ropa también pueden reducir el riesgo de problemas de salud para los trabajadores y sus familias. Las evaluaciones de riesgo de la PTAR y su impacto en el entorno pueden ayudar a mitigar algunos riesgos adicionales que no se han considerado explícitamente aquí (por ejemplo, si la planta está en un área propensa a inundaciones). El equipo del proyecto recomienda encarecidamente considerar invertir en el buen funcionamiento de los sistemas actuales antes de invertir en nuevos proyectos. Esto es particularmente cierto para el caso de Panajachel, donde se está planificando un sistema tecnológico idéntico.



En el caso de Los Cebollales en Panajachel, el rendimiento técnico-ambiental general de la planta es amarillo. Los dos grupos principales de variables que podrían cambiarlo a verde son:

- Mejora de la gestión y planificación económica, y
- Mayor eliminación de nutrientes y cumplimiento con la eliminación de patógenos (es decir, desinfección)

Estas medidas podrían conducir a un mejor desarrollo de capacidades de los funcionarios en todos los niveles, resultando en una mejor gestión de los riesgos ambientales y sanitarios y en las condiciones de trabajo. **Parece que la solución técnica elegida de un sistema de lodos activados puede no adaptarse a la realidad económica local ni a las capacidades actuales del personal técnico. Un sistema menos complejo que no dependa del abastecimiento eléctrico continuo y que apoye el uso de los productos resultantes del tratamiento (por ejemplo, el uso de lodos,**

el uso de efluentes de aguas residuales, el uso de biogás) puede llevar a un cumplimiento más estable de los estándares de vertido de aguas residuales.



Otras recomendaciones específicas incluyen ⁷:

- Sustitución del sistema de aireación del sistema de lodos activados. Se debe garantizar el financiamiento para el reemplazo continuo de las piezas rotas y el personal capacitado para poder identificar los sistemas que funcionan mal desde el principio.
- Las prácticas de enterrar la basura deben ser detenidas y reemplazadas por la adecuada eliminación en rellenos sanitarios.
- Los lodos de aguas residuales deben caracterizarse para analizar los microcontaminantes orgánicos. Si se superan los estándares internacionales, se debe evitar una aplicación en suelos. Se pueden adoptar otros métodos de eliminación tales como rellenos sanitarios o incineración industrial. Para los lodos tratados acumulados, los lodos deben transferirse a un área techada que evite exposición a precipitaciones y humedad. Además, es urgente encontrar una eliminación segura. Si los lodos van a ser utilizados en agricultura, se debe llevar a cabo un proceso de desinfección, como la adición de cal.
- El contenido de patógenos de los lodos deshidratados es excesivamente alto. Esto sugiere que el **digestor anaeróbico no está funcionando correctamente**. Para mejorar la calidad de los lodos tratados, se deben desarrollar más estudios para identificar posibles mejoras del digestor. Además, en la PTAR, el biogás producido simplemente se quema. Se pueden lograr procesos anaeróbicos más eficientes al proporcionar temperaturas entre 30-38 °C para condiciones mesofílicas y entre 49-57 °C para condiciones termofílicas. Actualmente, la unidad mantiene la temperatura ambiental entre 13 y 25 °C. Este estudio **sugiere implantar nuevas tecnologías para utilizar el biogás producido para calentar el digestor**. El biogás también se puede emplear para generar electricidad y reducir el consumo de energía de la PTAR. El departamento de ingeniería mecánica de USAC, en la ciudad de Guatemala, ofreció comenzar un estudio sobre cómo implementar el sistema. Se deben considerar nuevos contactos con la universidad.

⁷ Ver también: Laura Ferrans (2017) Evaluation of sustainable options for sewage sludge management in the region of Lake Atitlán, Guatemala (MSc thesis of the Technische Universität Dresden Hydro-Science and Engineering)

- El contenido de nutrientes en los lodos de aguas residuales de Panajachel no es tan alto como en los lodos que han sido procesados por digestores anaeróbicos. El bajo contenido de nitrógeno se explica por el hecho de que la PTAR no está diseñada para eliminar el nitrógeno. Por lo tanto, el nutriente permanece en el agua. Sin embargo, respecto al fósforo, la PTAR debería eliminar este nutriente. El nivel de fósforo en el lodo sugiere que el proceso de eliminación no está optimizado. Por lo tanto, **se deben hacer esfuerzos para identificar fallos en la unidad de floculación terciaria.**

Para el sistema de recuperación de lodos:

- El tratamiento de los lodos en la PTAR de Panajachel debe preservar el mismo esquema. **Los lodos deben estabilizarse en el digestor anaeróbico y en los lechos de secado.** El contenido de humedad de los lodos tratados debe estar entre el 60 y el 40% (para cumplir con los requisitos de compostaje). Por lo tanto, cuando el contenido de humedad alcance los valores deseados, los lodos deben retirarse de los lechos de secado y almacenarse en sacos. El transporte debe organizarse desde Los Cebollales hasta las instalaciones de compostaje municipal.
- **Para los procesos de compostaje**, los lodos deben mezclarse con el resto de residuos. Se deben realizar los procedimientos normales de apilado y volteado. Para eliminar los huevos de helmintos, el compost debe exponerse a una temperatura de 55 °C durante al menos tres días. El compost que contenga patógenos no debe comercializarse.
- Si los lodos no se pueden llevar al compostaje municipal, se debe evitar la aplicación directa a la tierra de lodos no desinfectados. **Se recomienda que la PTAR implemente su propio proceso de compostaje.** Se deben agregar otros residuos con un alto contenido de carbono, para aumentar la calidad de los fertilizantes producidos. Se sugiere utilizar restos de jardinería como hierba, virutas de madera y hojarasca. Finalmente, los pasos para implementar procesos de compostaje se pueden basar en Román, Martínez y Pantoja (2015).
- **Las tasas de aplicación de compost a los cultivos o suelos** deben investigarse más a fondo para evitar la contaminación de las aguas subterráneas por la lixiviación de nutrientes por los escurrimientos de las entradas al lago Atitlán. Las tasas de aplicación de compost deben calcularse verificando que la cantidad de nutrientes suministrada sea exactamente la requerida para satisfacer las necesidades de la vegetación. El exceso de nutrientes debe evitarse para evitar la contaminación de los recursos hídricos.
- Finalmente, **otras opciones** para utilizar los lodos de depuración parecen prometer no sólo para aumentar el sistema de recuperación sino también contribuir a resolver otros problemas en el área de estudio. Por ejemplo, **el uso de lodos de alcantarillado como enmienda del suelo en suelos erosionados** representa una oportunidad para usar el residuo y contribuir a mejorar la calidad de los suelos. La erosión es una de las principales fuentes de transporte de nutrientes hacia el Lago de Atitlán. Dado que hay una falta de cobertura vegetal, las partículas del suelo terminan fácilmente en el lago por efecto de la escorrentía. Los lodos de las aguas residuales pueden mejorar el contenido de nutrientes de los suelos y se puede plantar nueva vegetación puede ser plantada. En otro caso, **el uso de lodos como las briquetas no carbonizadas** contribuirían a reducir el consumo de madera en los hornos artesanales. Actualmente, una gran parte de los bosques se tala para obtener leña para cocinar en hogares rurales. Si se comercializan briquetas no carbonizadas, la deforestación podría disminuir. En conclusión, es necesario implantar generar más conciencia sobre los beneficios de los lodos de depuradora como acondicionador del suelo y material de combustión.



En el caso de Tlaxinacalpan en Tepeji, el rendimiento técnico-ambiental general de la planta es verde. Debido a que Tepeji es una ciudad pequeña (87.442 habitantes), el enfoque general de la tecnología bastante simple que se implementa de manera descentralizada con opciones de reutilización para los productos finales apunta en la dirección correcta de la sostenibilidad. Sin embargo, el cumplimiento de algunas variables ambientales clave, como la remoción de coliformes fecales y la retención total de nitrógeno, aún debe mejorarse (ya sea a nivel nacional o internacional).

Además, para el caso particular de los humedales artificiales, se debe tener cuidado al aplicar pautas de diseño comunes, ya que existen grandes diferencias entre las pautas de diseño de humedales artificiales y las pautas de uso de aguas residuales. Si bien las pautas de diseño se centran con mayor frecuencia en los contaminantes orgánicos, nutrientes y sólidos, las pautas de uso de aguas residuales prestan mucha atención a la calidad microbiológica del agua. Por lo tanto, un diseño más cuidadoso de los humedales artificiales es crítico si se desea utilizar el efluente con fines agrícolas y recreativos.

Según la información de la única medición disponible, se recomienda un área mínima de al menos 2.000 m² para la carga de diseño (~200 mg/L de DBO; 1,2 l/s) o para lo que recibe (~350 mg/L de DBO y 0,2 l/s). Para poder diseñar mejor estos sistemas de humedales, en particular cuando el vertido se destina al uso agrícola o recreativo, se necesitan mejores valores de entrada y salida (para parámetros como DBO, DQO, NT, caudal). Por lo tanto, una recomendación es evaluar como mínimo las variaciones de entrada durante las diferentes estaciones, y durante los ciclos diurnos y nocturnos.

Por consiguiente, el objetivo debe ser mejorar aún más el rendimiento del sistema de tratamiento para que cumpla con los estándares nacionales e internacionales y demostrar de manera firme y abierta este cumplimiento una vez que se haya logrado. El objetivo principal, por lo tanto, debe ser asignar recursos para el monitoreo regular del flujo de entrada y el rendimiento del tratamiento a través de terceros independientes para garantizar la confianza en los resultados. Ésto, al igual que los foros de discusión de vecindario regulares y abiertos, puede en última instancia mejorar la aceptación de los enfoques elegidos por los interesados clave en la toma de decisiones, pero también por los usuarios finales y los vecinos de los sistemas descentralizados.



👍 Otras recomendaciones serían:

- **Revisar la operación actual y el diseño del proceso.** El proceso debe caracterizarse para contar con valores y rangos específicos que permitan una mejor operación. Las condiciones del proceso y hasta qué fase llevar la digestión anaeróbica (que consta de cuatro fases: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis) dependen del diseño completo del proceso de tratamiento de aguas residuales. En este caso, dado que se considera un humedal artificial después de la digestión anaerobia, existe la necesidad de definir hasta qué punto debe realizarse la digestión anaeróbica, para poder proporcionar compuestos orgánicos al humedal y también para obtener una calidad adecuada de las aguas residuales tratadas. Las variables clave para verificar en el proceso anaeróbico son: pH (debe variar entre 6,8 - 7,5); temperatura (dependiendo del tipo entre 20 a 60 °C y garantizar que no existan grandes variaciones de esta variable), carga orgánica, tiempos de retención hidráulica y de lodos, velocidad de flujo y producción de biogás.
- **Gestión del biogás.** Un proceso anaeróbico completo genera biogás que debe caracterizarse, almacenarse (no debe liberarse directamente a la atmósfera) y quemarse o, preferiblemente, proporcionarle un uso adicional, por ejemplo, energía para el mismo proceso. Baja o ninguna cantidad de generación de biogás indica que la fase final del proceso anaeróbico (metanogénesis) no se está cumpliendo. Es en esta fase donde se produce la mayor cantidad de metano y dióxido de carbono, y también es una fase que considera las bacterias de crecimiento más lento, por lo tanto, el tiempo y las condiciones ambientales (pH, temperatura, agitación y condiciones anaeróbicas) deben ser óptimas para permitir la correcta degradación de los compuestos orgánicos. De acuerdo con los resultados obtenidos y las prácticas de operación actuales, especialmente en lo que respecta al tiempo, es muy posible que no esté sucediendo un proceso anaeróbico completo. Esto puede provocar una sobrecarga del sistema de humedales artificiales y un bajo rendimiento general de todo el sistema de tratamiento de aguas residuales.
- **Inoculación de reactores.** Es importante considerar una inoculación adecuada del reactor. Esto puede hacerse con biomasa procedente de un digestor anaeróbico en funcionamiento (preferiblemente uno que trate una calidad de agua de entrada similar en condiciones operativas similares).
- **Proceso de operación.** Es clave para mantener el proceso cumpliendo con los valores específicos caracterizados. Esto significa, mantenerse dentro de los rangos adecuados de pH y temperatura, y seguir las cargas, flujos y tiempos designados. Es especialmente importante eliminar los lodos cuando sea necesario o definido por el diseño (en los procesos anaeróbicos, la generación de lodos es más lenta que en los procesos aeróbicos); y mantener las aguas residuales en circulación durante el tiempo que sea necesario, para evitar tanto una calidad del agua de salida no deseada como el lavado (desagüe) del reactor (entre 2 y 24 horas de tiempo de retención hidráulica, dependiendo del diseño del proceso - esto debe definirse para este proceso-). Además, si la decisión es realizar un proceso anaeróbico, la operación debe garantizar condiciones completamente anaeróbicas.
- **Tanque de ecualización.** Se recomienda tener un(os) tanque(s) de ecualización final(es) para contener la cantidad necesaria de agua para riego. Ésto, con el fin de evitar el lavado del reactor o el desagüe de toda la línea de proceso para cumplir con la cuota de riego. Esto también significa, considerar el tiempo de inicio para que se llene el estanque de ecualización y los tiempos de rellenado en el diseño del proceso.

6.2. Mejora de la Toma, Almacenamiento e Intercambio de Datos

En el proceso de búsqueda de umbrales, encontramos que, mientras que los umbrales para las variables técnicas y ambientales (como el pH o la DBO) generalmente están disponibles, los umbrales para las variables sociales (como la participación o la concientización) no son tan fáciles de encontrar. Esto podría indicar que, aunque los indicadores sociales están ganando atención en la sostenibilidad (Balkema et al. 2002; Popovic et al. 2014) y que la dimensión social se considera cada vez más como crucial para la sostenibilidad (Moldan, Janoušková y Hák 2012), no se ha llegado a un punto en el que tengamos criterios unificados sobre cómo medir estas variables y qué umbrales son los aceptables para contrastar los datos. **Por lo tanto, existe la necesidad de que los científicos sigan trabajando en los aspectos de las variables e indicadores sociales para determinar el grado de sostenibilidad de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.**

En ambos casos, encontramos que las instalaciones municipales no registran y ni guardan de manera rutinaria los datos de las variables técnicas o ambientales de nuestro conjunto de datos. Ningún municipio pudo proporcionar números exactos o estimaciones confiables (es decir, respaldados por documentación) de información básica, como el volumen total de aguas residuales producidas en su territorio. La mayoría de las respuestas a las preguntas técnicas nos fueron dadas verbalmente durante las entrevistas de campo sin ninguna documentación de respaldo, lo que hace que sea difícil asegurar la confiabilidad. **Por lo tanto, existe la necesidad de que los poseedores de datos y de información clave documenten mejor el proceso de recopilación de datos y apliquen normas y estándares reconocidos al hacerlo. Los recursos para hacerlo deben asignarse como una prioridad.**

Para el caso de Guatemala, los datos estadísticos generales estaban disponibles, pero los datos georreferenciados no estaban disponibles públicamente, ni siquiera estaban disponibles al preguntar directamente a los municipios (por ejemplo, mapas, sistemas de información geográfica en línea donde se pueden ver y descargar ríos, pozos, sistemas de alcantarillado). Después de preguntar directamente a AMSCLAE, pudimos obtener mejores datos geográficos. Se pudo recopilar el 72% de los datos, de los cuales el 68% fueron finalmente utilizados, ya que las partes interesadas proporcionaron datos de alta calidad, en particular a nivel del gobierno federal (AMSCLAE). **Por lo tanto, es necesario que el gobierno de Guatemala mejore el acceso público a la información/datos generales georreferenciados. También es necesario que AMSCLAE y el municipio coordinen mejor la recopilación, el almacenamiento, el acceso y el intercambio de datos que pertenecen a Panajachel. La creación de canales de comunicación dedicados exclusivamente a esta tarea puede ayudar a hacerlo.**

En el caso de México, la información estadística general (población, salud, clima) está disponible en alta calidad en INEGI. Sin embargo, los datos locales específicos fueron más difíciles de obtener. La mayoría de las partes interesadas proporcionaron poca documentación de apoyo para poder reunir alrededor del 75% de los datos necesarios, pero con muy baja calidad. Finalmente, el 57% de los datos recogidos fue de utilidad. **Por lo tanto, existe la necesidad de que las partes interesadas locales y municipales y los poseedores de datos coordinen mejor la recopilación, el almacenamiento, el acceso y el intercambio de datos pertenecientes a Tepeji. La creación de canales de comunicación dedicados exclusivamente a esta tarea puede ayudar a hacerlo.**

Para una planificación efectiva, es crucial poseer una base de datos confiable y accesible. Una orientación clave para la acción desde este trabajo es que los poseedores de datos y las partes interesadas clave para el intercambio de información trabajen juntos para construir, mantener y administrar una base de datos común para los sistemas de tratamiento de aguas residuales y para compartir y proporcionar acceso a esa información a los responsables de la toma de decisiones. El estructura usada para la evaluación de la sostenibilidad se puede utilizar para guiar a las entidades relevantes en la selección de las variables que deben monitorearse de manera regular, para verificar el progreso hacia la sostenibilidad y para dirigir efectivamente los recursos al respecto.



6.3. Fortalecimiento de las Redes Sociales

El análisis de redes sociales es considerado como una herramienta para unir los niveles micro y macro dentro de la teoría sociológica. El procedimiento se ilustra mediante la elaboración de las consecuencias macro de un aspecto de interacción a pequeña escala: la fuerza de los enlaces duales. Se afirma que el grado de coincidencia entre dos sistemas individuales varía directamente de acuerdo con la fuerza que los une o los vincula. El impacto de este principio sobre la difusión de la capacidad de influencia y la información, la oportunidad para la movilización y la organización comunitaria han sido científicamente examinado (Granovetter, 1973). Basándonos en estos resultados, se formulan opciones u orientaciones que pueden ayudar a fortalecer la red y cambiar su estructura a una red descentralizada en lugar de una red centralizada.

Outdegree/Indegree (Grados de salida y de entrada de relaciones sociales)

Para el caso de Guatemala, las partes interesadas locales en Panajachel deben tratar de fortalecer la relación entre sí, pero principalmente la parte interesada clave con la parte interesada terciaria. Muchas partes interesadas importantes involucradas en el proceso de toma de decisiones, tales como los cocodes o el Consejo de Ancianos y Ancestrales, están poco interconectadas y, por lo tanto, están catalogadas como partes interesadas terciarias.

Para el caso de México, la red social de las partes interesadas afectadas es bastante pequeña, en comparación con Panajachel. Existe una falta de conciencia de que las PTAR existen, en la comunidad local, a nivel institucional y político. Sin embargo, una red relativamente pequeña tiene la ventaja de permitir a las partes interesadas organizar más fácilmente su propia red. A pesar de que FIAVHI, CAAMTROH y la comunidad local se identifican como partes interesadas claves, la relación entre estas tres partes interesadas no siempre está libre de conflictos. Para FIAVHI y CAAMTROH se recomienda organizar una reunión con una tercera parte neutral. Para ambos también se recomienda fortalecer la relación con la comunidad; por un lado, para crear conciencia sobre el problema en la región y por otro lado para obtener más publicidad institucional.

En términos de superar el cuello de botella de una red de vínculos débiles, las partes interesadas locales tanto en Panajachel como en Tepeji deben tratar de establecer una relación entre ellas, y especialmente con las partes interesadas terciarias (que ahora se ven como un nodo verde pequeño y muy ligero en el gráfico). Si todas las conexiones potenciales están presentes, la probabilidad de una comunicación y una estructura de información eficientes aumenta.



Intercambio de información

En ambos casos la disponibilidad de información y la accesibilidad son deficientes. Si hay información o datos disponibles, rara vez se comparten con otras partes interesadas. Para determinar las vías para superar el cuello de botella de la falta de información, **se debe crear un conocimiento compartido y una comprensión común del problema, a fin de facilitar la interacción social entre los interesados.** En consecuencia, el flujo de información debe ser equilibrado y debe crearse una plataforma independiente y de fácil acceso. La organización de reuniones periódicas se podría utilizar para compartir información y para mantenerse actualizados. Además, estas reuniones podrían ser útiles para identificar interfaces para una colaboración más profunda.



Toma de decisiones

Las partes interesadas que podrían tener un impacto en la toma de decisiones a menudo carecen de información, ya que la mayoría de la información es inaccesible.

El proceso de toma de decisiones en Guatemala es altamente participativo. Por lo tanto, es un sistema muy complejo en el que participan diferentes comités y partes interesadas. La mayoría de las partes interesadas claves en el proceso de toma de decisiones son elegidas como representantes de la comunidad, pero no tienen la experiencia o la información suficiente para tomar decisiones. La información sobre los problemas de aguas residuales en Panajachel debe estar específicamente dirigida a estas partes interesadas que toman decisiones, por ejemplo, a los cocodes o al Consejo de Ancianos y Ancestrales. Además, las partes interesadas que participan en el proceso de toma de decisiones no están bien conectadas y, por lo tanto, están clasificadas como partes interesadas terciarias, por lo que la relación con las partes interesadas clave en la toma de decisiones debería fortalecerse.

El proceso de toma de decisiones en Tepeji, por un lado, parece estar claramente definido (top-down), sin embargo, es percibido como no transparente por la comunidad local. Se recomienda hacer que el proceso de toma de decisiones sea más transparente o comprensible. En Tepeji, las partes interesadas involucradas en el proceso de toma de decisiones no son necesariamente aquellas que tienen la información necesaria para decidir sobre la "mejor" solución. Para las partes interesadas clave que tienen acceso a la información, como FIAVHI, CAAMTROH y CONAGUA, se recomienda recopilar datos y difundir información entre las partes interesadas involucradas en el proceso de toma de decisiones, como la Presidencia Municipal, Ecología, Sanidad y Salud.



En consecuencia, se debe garantizar que las partes interesadas involucradas en el proceso de toma de decisiones estén siempre bien informadas.

Soluciones sostenibles

En ambos casos, las partes interesadas claves que son necesarias para implementar una solución sostenible no son necesariamente las que están involucradas en el proceso de toma de decisiones o aquellas que están bien informadas. Por lo tanto, las **partes interesadas identificadas para implementar una solución sostenible deben conectarse con las partes interesadas que están involucradas en el proceso de toma de decisiones, y deben favorecerse relaciones lo más cercanas posibles.**

Confianza

Ambos sitios piloto se encuentran en un contexto social caracterizado por la desconfianza y la corrupción. Para superar el cuello de botella de la falta de confianza, los procesos de toma de decisiones deben ser lo más transparentes posible, y la información técnica, ambiental, económica y social debe compartirse con todas las partes interesadas. La mediación o el uso de un tercer actor neutral y no influenciable puede ayudar a superar los problemas de confianza.

La recomendación general es facilitar a los interesados el acceso a la información sobre su propia red social. Hay una falta de comprensión común del problema per se. A quién se debe contactar con qué necesidad, o según lo formulado por Reed et al. (2009) "¿quién está involucrado y por qué?" es una pregunta clave con un alto grado de influencia en el desarrollo social en ambos sitios piloto. Una comprensión común del problema es la base para facilitar la interacción social entre las partes interesadas involucradas. Se deben proporcionar recursos económicos y humanos para realizar un análisis en profundidad de las partes interesadas y las redes sociales en ambos sitios piloto.



6.4. Otras Estrategias para la Gestión y Gobernanza

Durante el análisis de la retorsión del sistema, descubrimos que i) el problema es bastante retorcido en términos de conflictos de objetivos, complejidad del sistema e incertidumbre y que ii) la retorsión está abordada de manera deficiente en los procesos de gestión actuales, incluida la inversión de recursos, actividades, así como los resultados y las consecuencias. Es probable que tanto la retorsión como su mala gestión obstaculicen gravemente la definición y la implementación de una solución sostenible. Para superar este cuello de botella para la resolución de problemas, sugerimos las estrategias de gestión y gobernanza descritas a continuación.

6.4.1. Estrategias de gestión

La alta retorsión del problema en cuestión requiere una estrategia de gestión de doble seguimiento: por un lado, las personas encargadas de resolver estos problemas deberían implementar estrategias para comprender mejor y abordar la retorsión del sistema (especialmente el de la recopilación de información relevante). Por otro lado, siempre habrá un cierto nivel de incertidumbre, haciendo que la toma de decisiones también se de en situaciones de incertidumbre y, por lo tanto, requiriendo ser capaces de adaptarse y ser flexible.



Dentro de este enfoque de gestión general, se recomienda a las personas encargadas de resolver estos problemas que definan **estrategias de gestión adaptadas a las diferentes dimensiones de la retorsión** (Kirschke y Newig 2017):

- Para abordar una diversidad de objetivos en conflicto, las estrategias de resolución de conflictos son relevantes y, por lo tanto, también lo es intentar recopilar y compartir datos e información relevantes sobre el tema en cuestión.
- Para abordar la complejidad del sistema, existe, por un lado, la necesidad de recopilar información sobre las variables, su dinámica e interconexiones, también para modelar y utilizar herramientas de apoyo a la toma de decisiones para abordar la dinámica y las interconexiones. Por otro lado, existe la necesidad de priorizar las medidas (por ejemplo, qué información recopilar, ahora proporcionada en la estructura de datos desarrollada en este proyecto), y que las personas encargadas de resolver los problemas sean capaces de adaptarse y ser flexibles para abordar las dinámicas y las interconexiones.
- Para abordar la incertidumbre, se deben recopilar datos e información relevantes. Sin embargo, las medidas deben ser priorizadas (por ejemplo, qué información se debe recopilar), las decisiones deben tomarse bajo incertidumbre y, en consecuencia, también es necesario ser capaz de adaptarse y ser flexibles.

Para implementar las estrategias anteriores, debe **considerarse el invertir más recursos humanos y financieros** para abordar:

- conflictos de objetivos, en este caso, en la resolución de conflictos y la recopilación de información (por ejemplo, recursos para mapear partes interesadas, sus intereses y relaciones de poder)
- la complejidad del sistema, en este caso, en la recopilación de información (por ejemplo, relacionada con el estado actual de los recursos involucrados), el modelado y el apoyo a la decisión (por ejemplo, diferentes factores naturales y sociales, su dinámica e interconexiones)
- la incertidumbre, en este caso, en la recopilación y el intercambio de datos e información relacionada con el problema.

Para implementar las estrategias anteriores, considere realizar **actividades** que aborden:

- conflicto de objetivos, aquí relacionados con la resolución de conflictos y la recopilación de información (por ejemplo, el mapeo de partes interesadas, sus intereses y relaciones de poder para entender los conflictos de objetivos; implementación de talleres/mediación facilitados para los interesados y el desarrollo de directrices para abordar conflictos de objetivos)
- la complejidad del sistema, aquí relacionada con la recopilación de información (por ejemplo, relacionada con el estado actual de los recursos involucrados), la modelación y el apoyo a las



- decisiones (por ejemplo, diferentes factores naturales y sociales, su dinámica e interconexiones)
- incertidumbre, aquí relacionada con la recopilación y el intercambio de datos e información relacionada con el problema (por ejemplo, relacionado al mundo científico natural, técnico y científico social, recopilado a través del monitoreo o compartido mediante la creación de bases de datos conjuntas, desarrollo de capacidades)

Verifique si las estrategias de administración descritas arriba implementadas a través de la asignación de recursos y actividades dan como respuesta mejores resultados para abordar el problema.



Compruebe si:

- Hay suficiente capacidad, productos o servicios para abordar:
 - conflictos de objetivos (por ejemplo, capacidad para facilitar las discusiones de los interesados, herramientas de apoyo a la decisión, directrices sobre cómo abordar conflictos)
 - complejidad del sistema (por ejemplo, nuevas habilidades de modelación, herramientas de apoyo a la decisión)
 - incertidumbre (por ejemplo, nuevas habilidades de monitoreo, nuevos equipos para monitoreo o laboratorios y software para analizar datos)
- Los resultados derivan en mejores estrategias para abordar el problema retorcido
- Las nuevas políticas (o las existentes adaptadas) abordan suficientemente
 - conflictos de objetivos (por ejemplo, no afectando negativamente los objetivos en conflicto y pudiendo adaptarse de manera flexible a los próximos conflictos de objetivos -por ejemplo, mecanismos de adaptación estándar, bajos requisitos para las adaptaciones de la ley, como la mayoría simple-)
 - complejidad del sistema (por ejemplo, políticas que se basan en una comprensión de la complejidad del sistema y que pueden adaptarse de manera flexible a los nuevos conocimientos sobre la complejidad del sistema)
 - incertidumbre (por ejemplo, políticas que consideran el estado actual del conocimiento y que pueden adaptarse de manera flexible a la nueva información)

Analice, si los nuevos resultados resultan en mejores respuestas, es decir, un mayor grado de sostenibilidad de la solución en cuestión.

6.4.2. Estrategias de gobernanza



Para implementar estas estrategias de gestión, las estrategias de gobernanza específicas son de relevancia, concretamente, la participación de diferentes tipos de actores, la interacción deliberativa entre estos actores y un alto grado de institucionalización.

- En términos de actores, la participación de diferentes tipos de actores, como científicos, políticos, técnicos, etc., es relevante para abordar los conflictos de objetivos, comprender la complejidad del sistema y recopilar información relevante.
- Dichos actores deben tener la oportunidad de deliberar para encontrar soluciones a los conflictos e intercambiar su conocimiento y comprensión del sistema.
- Los procesos deliberativos pueden apoyarse con reglas precisas y obligatorias, por ejemplo, las relativas al intercambio de información entre las partes interesadas.

Sin embargo, dado que abordar los problemas complejos también requiere adaptar las decisiones de manera flexible, estas estrategias de gobernanza también deben considerarse con cautela. En algunos casos, la reducción de la participación de las partes interesadas, su deliberación y las reglas obligatorias y precisas pueden reducir la flexibilidad requerida en la toma de decisiones.



7. Observaciones Finales

El proyecto SludgeTec aplicó los primeros tres pasos de un Enfoque Nexo para analizar el problema de la gestión de aguas residuales y las alternativas de solución respectivas desde tres ángulos metodológicos distintos: (1) una evaluación de sostenibilidad, (2) un análisis de partes interesadas y (3) un análisis de la retorsión mediante la aplicación continua de un enfoque inter- y transdisciplinar. Esta forma de trabajo tuvo la intención de eliminar posibles sesgos disciplinarios del análisis de problemas y fue pensada para garantizar un alto nivel de transparencia con el objetivo final de lograr la aceptación y la apropiación por parte de los interesados locales. En todas las etapas del proyecto, desde la planificación hasta la implementación del proyecto y la evaluación futura, se buscó un proceso de co-diseño. Es importante tener en cuenta que las opciones, orientaciones para las acciones o recomendaciones incluyen una combinación de mejoras tecnológicas, en educación y conciencia ambiental, comunicación con las partes interesadas y temas relacionados con la gestión.

El proyecto en sí no entró en los detalles de los dos últimos pasos del Enfoque Nexo, es decir, 4) Implementar las opciones de Nexo y 5) Evaluar el impacto. Sin embargo, cuando los hallazgos del proyecto se presentaron y discutieron en el taller de cierre del proyecto SludgeTec: 'Taller de cierre de SludgeTec: Sostenibilidad de los sistemas de aguas residuales' en Tepeji, México, del 12 al 16 de noviembre de 2018 (UNU-FLORES 2019) las partes interesadas presentes hicieron un llamado colectivo para la acción al Presidente Municipal (es decir, el alcalde) de Tepeji. Pidieron las siguientes acciones:

1. Organizar eventos para crear conciencia y socializar la información sobre el problema del agua y sus soluciones;
2. Mejorar la interacción entre diferentes actores (en particular los relacionados con el tratamiento de las aguas residuales); y
3. Mejorar la disponibilidad de datos relacionados con el problema del agua, posiblemente mediante la construcción de una base de datos pública.



Para concluir el Enfoque Nexo, las partes interesadas locales ahora pueden implementar las actividades sugeridas, que se acercan al concepto de "orientaciones socialmente sólidas" de Scholz et al. (2015). Los actores pueden decidir además reevaluar la situación de las aguas residuales en un momento posterior (es decir, dentro de 5-10 años) utilizando las mismas metodologías desarrolladas en el paso 3) Identificar las opciones de nexo (Figura 7.1). Como tal, FIAVHI, por ejemplo, ya ha implementado parte de las orientaciones socialmente sólidas al crear una página de Facebook donde publican información, videos e historias de sus sistemas de tratamiento, así como información general sobre temas ambientales.

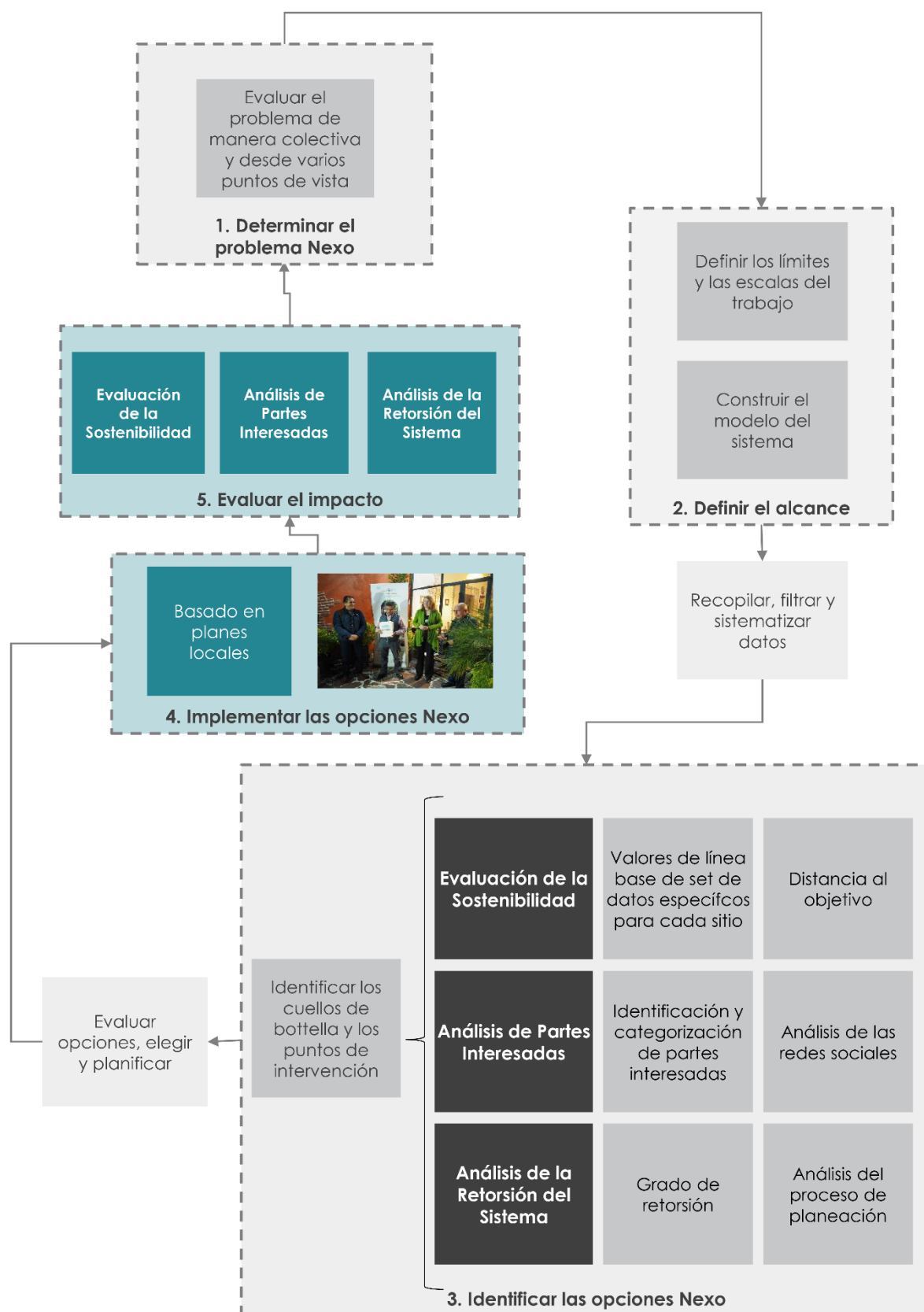


Figura 7.1: Cumplimiento del Enfoque Nexa subordinado a la ejecución de los pasos 4 y 5 (resaltado en azul)

De existir una nueva fuente de financiación, el equipo del proyecto planea:

- Discutir los hallazgos y las opciones, las orientaciones para la acción y las recomendaciones con las partes interesadas en Panajachel para permitirles también evaluar sus opciones, decidir sobre "orientaciones socialmente sólidas" y elegir un plan para avanzar;
- Atraer a los actores locales para que se apropien más del proceso de solución;
- Recopilar toda la información y producir resultados científicos a partir de ellos (artículos de revistas científicas);
- Proporcionar documentación adicional en español para uso local.

En general, el equipo del proyecto cree que vale la pena seguir este enfoque inter- y transdisciplinario para evaluar la sostenibilidad de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, ya que permite la participación necesaria de los interesados. También muestra que la implementación de un Enfoque Nexa estrechamente relacionado con los conceptos y los marcos metodológicos de las ciencias transdisciplinarias y las ciencias de la sostenibilidad es posible, aunque requiere mucho tiempo y no está exento de complicaciones. La manera inter- y transdisciplinaria también muestra que se necesitan soluciones más allá de la tecnología para lograr un tratamiento sostenible de las aguas residuales.

8. Bibliografía

Alcamo, Joseph, y World Resources Institute, eds. 2003. *Ecosystems y Human Well-Being: A Framework for Assessment*. Washington, DC: Isly.

AMSCLAE. n.d. "Fichas Informativas PTAR Cuenca Atitlán." Guatemala: AMSCLAE.

Avellán, Tamara, Reza Ardakanian, Sylvain R. Perret, Ragab Ragab, Willem Vlotman, Hayati Zainal, Sangjun Im, y Hafied A. Gany. 2018. "Considering Resources Beyond Water: Irrigation y Drainage Management in the Context of the Water–Energy–Food Nexus." *Irrigation y Drainage* 67 (1): 12–21. <https://doi.org/10.1002/ird.2154>.

Avellán, Tamara, Mario Roidt, Adam Emmer, Janis von Koerber, Petra Schneider, y Wolf Raber. 2017. "Making the Water–Soil–Waste Nexus Work: Framing the Boundaries of Resource Flows." *Sustainability* 9 (10): 1881. <https://doi.org/10.3390/su9101881>.

Balkema, Annelies J, Heinz A Preisig, Ralf Otterpohl, y Fred J.D Lambert. 2002. "Indicators for the Sustainability Assessment of Wastewater Treatment Systems." *Urban Water* 4 (2): 153–61. [https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(02\)00014-6](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(02)00014-6).

Benavides, Lucía, Tamara Avellán, Serena Caucci, Angela Hahn, Sabrina Kirschke, y Yrea Müller. 2019. "Assessing Sustainability of Wastewater Management Systems in a Multi-Scalar, Transdisciplinary Manner in Latin America." *Water* 11 (2): 249. <https://doi.org/10.3390/w11020249>.

Bertanza, Giorgio, Pietro Baroni, y Matteo Canato. 2016. "Ranking Sewage Sludge Management Strategies by Means of Decision Support Systems: A Case Study." *Resources, Conservation y Recycling* 110 (Supplement C): 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.03.011>.

UNU-FLORES. 2019. "Sustainability of Wastewater Treatment Plants – Validation y Options." Proceedings of the SludgeTec Project closing workshop in Tepeji del Rio Ocampo, México, 12 - 16 November 2018. Dresden, Germany: UNU-FLORES.

Caucci, Serena, y Hiroshan Hettiarachchi. 2017. "Wastewater Irrigation in the Mezquital Valley, México: Solving a Century-Old Problem with the Nexus Approach." Proceedings of the International Capacity Development Workshop on Sustainable Management Options for Wastewater y Sludge, Tepeji, México, 15–17 March 2017. Dresden, Germany: UNU-FLORES. <http://collections.unu.edu/view/UNU:6216>.

Ferrans, Laura. 2017. "Evaluation of Sustainable Options for Sewage Sludge Management in the Region of Lake Atitlán, Guatemala." Master Thesis, Dresden, Germany: Technical University Dresden.

Ferrans, Laura, Tamara Avellán, Hiroshan Hettiarachchi, Christina Dornack, y Serena Caucci. in review. "Selecting Sustainable Sewage Sludge Reuse Options through a Systematic Assessment Framework." *Journal of Cleaner Production*.

Ferráns, Laura, Serena Caucci, Jorge Cifuentes, Tamara Avellán, Christina Dornack, y Hiroshan Hettiarachchi. 2018. "Wastewater Management in the Basin of Lake Atitlán: A Background Study."

Ghodeif, Kamal. 2013. *Baseline Assessment Study for Wastewater Treatment Plant for Al Gozayyera Village, West Kantara City, Ismailia Governorate, Egypt* <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34897.63844>.

Granovetter. 1973. "Granovetter. 1973. La Fortaleza de Los Vínculos Débiles.Pdf."

Kirschke, Sabrina, y Jens Newig. 2017. "Addressing Complexity in Environmental Management y Governance." *Sustainability* 9 (6): 983. <https://doi.org/10.3390/su9060983>.

Kirschke, Sabrina, Lulu Zhang, y Kristin Meyer. 2018. "Decoding the Wickedness of Resource Nexus Problems—Examples from Water-Soil Nexus Problems in China." *Resources* 7 (4): 67. <https://doi.org/10.3390/resources7040067>.

Kissinger, Meidad, y William E. Rees. 2010. "An Interregional Ecological Approach for Modelling Sustainability in a Globalizing World—Reviewing Existing Approaches y Emerging Directions." *Ecological Modelling* 221 (21): 2615–23. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.07.003>.

Loiseau, Eléonore, Guillaume Junqua, Philippe Roux, y Véronique Bellon-Maurel. 2012. "Environmental Assessment of a Territory: An Overview of Existing Tools y Methods." *Journal of Environmental Management* 112 (December): 213–25. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.07.024>.

Moldan, Bedřich, Svatava Janoušková, y Tomáš Háek. 2012. "How to Underst y Measure Environmental Sustainability: Indicators y Targets." *Ecological Indicators* 17 (June): 4–13. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.033>.

Popovic, Tamara, Yrzej Kraslawski, René Heiduschke, y Jens-Uwe Repke. 2014. "Indicators of Social Sustainability for Wastewater Treatment Processes." In *Computer Aided Chemical Engineering*, 34:723–28. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63433-7.50105-X>.

Reed, Mark S., Anil Graves, Norman Dyy, Helena Posthumus, Klaus Hubacek, Joe Morris, Christina Prell, Claire H. Quinn, y Lindsay C. Stringer. 2009. "Who's in y Why? A Typology of Stakeholder Analysis Methods for Natural Resource Management." *Journal of Environmental Management* 90 (5): 1933–49. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.01.001>.

Scholz, Roly W., y Gerald Steiner. 2015. "The Real Type y Ideal Type of Transdisciplinary Processes: Part I—Theoretical Foundations." *Sustainability Science* 10 (4): 527–44. <https://doi.org/10.1007/s11625-015-0326-4>.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y Comisión Nacional del Agua. 1997. "NormasOficialesMexicanas."

The Project Management Institute. 2017. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*. 6th Edition.

Transparency International e.V. n.d. "Corruption Perceptions Index 2017." [Www.Transparency.Org](http://www.transparency.org/news/feature/corruption_perceptions_index_2017). Accessed January 30, 2019. https://www.transparency.org/news/feature/corruption_perceptions_index_2017.

UN, General Assembly. 2015. "Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development." Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015 A/RES/70/1.

UNU-FLORES. 2018. "Sustainability of Wastewater Systems: Current y Future Perspectives - an Assessment Workshop." Proceedings of the SludgeTec Project closing workshop in Panajachel, Guatemala, 20-23 March 2018. Dresden, Germany: UNU-FLORES. <http://collections.unu.edu/view/UNU:6648>.

World Health Organization, ed. 2006. *Wastewater Use in Agriculture*. 3. ed. Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta y Greywater, World Health Organization ; Vol. 2. Geneva: World Health Organization.

Zimmermann, Leon. 2018. "Quantifying Potentials of Constructed Wetly Effluent Use for Agricultural Irrigation." Technische Universität Dresden.

Annex 1: Extended Dataset

SludgeTec Framework - EXTENDED DATASET 0 - CONTEXT DATA

DATASET 0.1 - CONTEXT DATA - WWTP Boundary						
Category	ID	UND	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
GEOGRAPHY A	A0.001	x			Lat	Location of the WWTP - Latitude
	A0.002	x			Long	Location of the WWTP - Long
	A0.003	x			Map	Insert in Annex - cartography at the adequate scale to understand the location of the plant in relation to nearest population settlement, water resources and other relevant features.
	A0.004	x			Elevation above sea level	
	A0.005	x			Is the plant inside or outside the city?	
	A0.006			x	Land uses in 1 km radius	
	A0.007			x	Distance to nearest house	
TOTAL	7	5	0	2		
DATASET 0.2 - CONTEXT DATA - Municipal Boundary						
Category	ID	UND	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
GEOGRAPHY A	A0.001	x			Spatial definition (maps)	Insert in Annex - cartography at the adequate scale to understand the location of the plant in relation to nearest population settlement, water resources and other relevant features.
	A0.002	x			Surface	Total surface of municipality
	A0.003	x			Weather type	
	A0.004	x			Dry season months	During which months is it the dry season?
	A0.005	x			Rainy season months	During which months is it the rainy season?
	A0.006	x			Average yearly precipitation	
	A0.007	x			Average precipitation during dry season	
	A0.008	x			Average precipitation during rainy season	
	A0.009	x			Average highest temperature	
	A0.010	x			Average lowest temperature	
POPULATION B	B0.001	x			Total population	Total population in the municipality. When possible, include floating population and their temporal behaviour when relevant (e.g. tourism, yearly massive events, etc.)
	B0.002	x			Percentage rural population	How urban / rural is this municipality
	B0.003	x			Unemployment rate	
	B0.004	x			Percentage of people living on or below the poverty line	Specify poverty measurement method
	B0.005	x			Percentage of people with a different mother tongue than the country's official	
LAND USE AND ECONOMY C	B0.006	x			Percentage indigenous population	
	C0.001	x			Predominant Land uses	Major land uses in the municipality, describe to the best degree of detail possible. E.G. when data is available, state the type of crop and farming methods instead of simply stating "Agriculture".

Category	ID	UNU	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
	C0.002	x			GDP percentage of different economic activities	Specify contribution to municipal GDP of Activity one.
TOTAL	18	18	0	0		

DATASET 0.3 - CONTEXT DATA - Sub-catchment Boundary

Category	ID	UNU	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
GEOGRAPHY A	A0.001	x			Spatial definition (maps)	Insert in Annex - cartography at the adequate scale to understand the location of the plant in relation to nearest population settlement, water resources and other relevant features.
	A0.002	x			Total sub-catchment surface	
	A0.003	x			Altitude at main source	Altitude above sea level at the source or spring of the main river course
	A0.004	x			Altitude at discharge point	Altitude above sea level at river mouth
	A0.005	x			Length of main river course	
	A0.006	x			Discharges to	River or sub-catchment water body discharges to
	A0.007	x			Main soil types	
	A0.008	x			Main substrate type	
	A0.009	x			Conservation status, general ecological status	If literature or reports are available to provide reference, state the s the overall ecological status of the area (conserved, endangered, etc).
POPULATION B	B0.001	x			Total population	Total population in the sub catchment area. When possible and relevant, include floating population and their temporal behaviour (e.g. tourism, yearly massive events, etc.)
	B0.002	x			Percentage rural population	
LAND USE AND ECONOMY C	C0.001	x			Predominant Land uses upstream from WWTP	
	C0.002	x			Predominant Land uses downstream from WWTP	
TOTAL	13	13	0	0		

DATASET 0.4 - CONTEXT DATA - Watershed Boundary

Category	ID	UNU	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
GEOGRAPHY A	A0.001	x			Spatial definition (maps)	Insert in Annex - cartography at the adequate scale to understand the location of the plant in relation to nearest population settlement, water resources and other relevant features.
	A0.002	x			Total watershed surface	Total catchment area in watershed
	A0.003	x			Endo/exoreic	Open or closed basin
	A0.004	x			Discharges to	If exoreic, body of water and/or basin where the watershed discharges into
	A0.005	x			Yearly discharge regime	Yearly discharge into main water body
	A0.006	x			Main soil types	
	A0.007	x			Main substrate type	
	A0.008	x			Level of exploitation of water resources	

Category	ID	UNU	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
	A0.009	x			Conservation status, general ecological status	If literature or reports are available to provide reference, state the of the overall ecological status of the area (conserved, endangered, etc).
POPULATION B	B0.001	x			Total population	
	B0.002	x			Percentage rural population	How urban / rural is this watershed?
LAND USE AND ECONOMY C	B0.003	x			Predominant Land uses	
TOTAL	12	12	0	0		

SludgeTec Framework - EXTENDED DATASET I - TECHNICAL ENVIRONMENTAL DATA

DATASET I.01 - TECHNICAL-ENVIRONMENTAL BASELINE - WWTP Scale

Category	ID	UNU	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
GENERAL A	A0.001		x	x	Technology used	Technical procedure with which the plant treats waste water. Note any relevant particularities. If needed, include a diagram of the process in an annex.
	A0.002			x	Construction year	Year of construction. When construction lasted more than one year, state ending year.
	A0.003			x	Surface occupied	Land surface occupied by the plant.
	A0.004			x	Land reserves	If existing, amount of land that the plant has already acquired to grow or expand
	A0.005	x	x	x	Number of people served	
INPUTS B	B0.001	x	x	x	Design inflow	Flow capacity that the plant was originally designed for.
	B0.002	x	x	x	Volume waste water input	Total volume of water entering the plant in the reporting year
Inflow B0	B0.003	x			Average inflow (AF)	Average flow (in a year) of wastewater into WWTP.
	B0.004	x			Average inflow (AFr) rainy season	Average flow (during the rainy season) of wastewater coming into WWTP. At, best choose a reporting year that describe average seasonal conditions, i.e. not extraordinarily dry or wet years. Specify the duration of the season (in between what months?).
	B0.005		x	x	Average plant capacity utilization	Percent of design capacity being used, on average, during the reporting year
	B0.006	x	x	x	Volumetric Efficiency	Total TTW/TW (100)
	B0.007	x			Average inflow (AFd) dry season	Average flow (during the dry season) of wastewater coming into WWTP. The best data will describe average season conditions, i.e. not extraordinarily dry or wet years. Specify the duration of the season (between what months).
	B0.008	x			Peak inflow	Maximum flow of wastewater coming into WWTP at peak times. Specify hour of day and duration of peak period.
	B0.009	x			Rain Proportion of AF during rainy season	Proportion of rain water entering the WWTP during the rainy season. If calculations are performed, include in an annex.

Category	ID	UN	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
	B0.010	x			Wastewater fractions	Identify the different proportions of different types of waste water entering the plant (agricultural runoff, industry, domestic, etc.)
Inflow quality parameters B1	B1.001		x	x	Temperature	
	B1.002	x	x	x	BOD	
	B1.003	x	x	x	COD	
Inflow nutrients	B1.004	x	x	x	Total Nitrogen	
	B1.005	x		x	Ammonium	
	B1.006	x		x	Nitrates	
	B1.007			x	Nitrites	
Salts inflow	B1.008	x	x	x	Total Phosphorus	
	B1.009			x	K	
	B1.010			x	Ca	
	B1.011			x	Mg	
	B1.012			x	Na	
	B1.013			x	SAR	
	B1.014			x	Electric conductivity	
	B1.015	x		x	Faecal coliforms	
Pathogens inflow	B1.016	x		x	E. coli	
	B1.017			x	Helminths	
	B1.018	x			Dissolved organic Carbon (DOC)	
	B1.019	x			Organic Matter	
	B1.020	x			Organic acids	
	B1.021	x		x	TSS	
	B1.022	x		x	Turbidity	
	B1.023	x		x	pH	
Metals, metalloids and trace elements in inflow	B1.024	x		x	Al	
	B1.025	x		x	As	
	B1.026	x		x	Cd	
	B1.027	x		x	Co	
	B1.028	x		x	Cr	
	B1.029	x		x	Cu	
	B1.030	x		x	Fe	
	B1.031	x		x	Mn	
	B1.032	x		x	Ni	
	B1.033	x		x	Ti	
	B1.034	x		x	Zn	
	B1.035	x		x	Hg	
	B1.036	x		x	Pb	
	B1.037	x		x	Se	
	B1.038	x		x	B	
	B1.039	x		x	Mo	
Others	B1.040	x		x	Residual chlorine	
	B1.041				Grease and oils	
	B1.042				Floating matter	
	B1.043				Colour	
	B1.044	x		x	Microplastics	
Organic pollutants in inflow	B1.045	x		x	AOX	
	B1.046	x		x	B(a)P	
	B1.047	x		x	PCB	
	B1.048	x		x	PCDD	
	B1.049	x		x	PCDF	
	B1.050	x		x	PFC	

Category	ID	UN	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
	B1.051	x		x	dl-PCB	
	B1.052	x			Possible main compounds in AF	This is a backup data item, used to register data on inflow quality that is vague or qualitative, in case no quantitative data is available for physic-chemical parameters. For instance, if it is known that a textile industry is connected to the sewage system, but no precise wastewater quality information is available, this data item can register the likely existence of compounds in the waste water (in textile dye industries e.g.: benzyne, copper, lead, amines), giving thus a general guidance as to what can be expected in terms of treatment needs.
Other inputs B2						Raw materials are all inputs necessary for the plant to function (e.g. machine oils, fuel, chemicals for the flocculation phase or other stages of the process, etc.). office supplies. Should be given in tonnes per year when possible. When data available is in other units, make sure to note so in the 'Units' column. This data will be used for material flow analysis and will eventually have to be converted into the same unit. Tonnes per year is a recommended unit. When data available is in other units, make sure to note so in the 'Units' column.
	B2.001	x	x	x	Raw materials used	
	B2.002	x			Raw materials sources	Useful for foot printing
	B2.003	x	x	x	Total energy consumed	Energy consumed in the reporting year, all energy carriers together and all energy uses considered.
	B2.004				Energy/m3 treated water	
Energy matrix and uses	B2.005	x			Energy matrix	Total J consumed per type of energy source (carrier) Natural gas, solar, etc.
Energy uses	B2.006	x		x	Energy uses per activity	Specify consumption of different activities (e.g. pumping, lighting) in J. Add as many categories as identifiable.
OUTPUTS C	C0.001	x	x	x	Total volume Treated Water produced	Total Outflow of waste water from the plant, in yearly total average.
	C0.002	x	x		Average yearly outflow	Average outflow of wastewater out of WWTP. The best data will describe average season conditions, i.e. not extraordinarily dry or wet years.
WW Outflow C0	C0.003	x			Average outflow (AF) rainy season	Average outflow (during the rainy season) of wastewater out of WWTP. Specify the duration of the season in the context dataset
Quality parameters - outflow C1	C0.004	x			Average outflow (AF) dry season	Average flow (during the dry season) of wastewater coming into WWTP. Dry season duration should be specified in the context dataset
	C0.005	x			Discharge point	Where does the WWTP discharge to? Sewage, water body, etc).
	C0.006	x			Bypass discharge point	
	C1.001		x	x	Temperature	
	C1.002	x	x	x	BOD	
	C1.003	x	x	x	COD	
	C1.004	x	x	x	Total Nitrogen	
	C1.005	x		x	Ammonium	
Nutrients in outflow	C1.006			x	Nitrates	
	C1.007				Nitrites	
	C1.008	x	x	x	Total Phosphorus	
Salts in outflow	C1.009	x		x	K	
	C1.010			x	Ca	
	C1.011			x	Mg	
	C1.012			x	Na	

Category	ID	UN	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
	C1.013			x	SAR	
	C1.014	x		x	Electric conductivity	Can be used when measurements for salinity/SAR (Na, Ca Mg) are not available, as general indicator for salinity.
Pathogens in outflow	C1.015	x	x	x	Faecal coliforms	
	C1.016	x	x	x	E. coli	
	C1.017		x	x	Helminths	
Organics in outflow	C1.018	x			Dissolved organic Carbon (DOC)	
	C1.019	x	x	x	Organic Matter	
	C1.020	x		x	Organic acids	
	C1.021				Sedimentable solids	
	C1.022	x	x	x	TSS	
	C1.023		x	x	Turbidity	
	C1.024		x	x	pH	
	C1.025	x	x	x	Al	
	C1.026	x	x	x	As	
	C1.027	x	x	x	Cd	
Metals, metalloids and trace elements in outflow	C1.028				Cyanide (CN)	
	C1.029	x	x	x	Co	
	C1.030	x	x	x	Cr	
	C1.031	x	x	x	Cu	
	C1.032	x	x	x	Fe	
	C1.033	x	x	x	Mn	
	C1.034	x	x	x	Ni	
	C1.035	x	x	x	Ti	
	C1.036	x	x	x	Zn	
	C1.037	x	x	x	Hg	
	C1.038	x	x	x	Pb	
	C1.039	x	x	x	Se	
	C1.040	x	x	x	B	
	C1.041	x	x	x	Mo	
	C1.042			x	Residual chlorine	
	C1.043		x		Grease and oils	
	C1.044		x		Floating matter	
	C1.045				Colour	
	C1.046	x		x	Microplastics	Visible microplastics. Microplastics are defined as no greater than 5 mm and/or synthetic fibre strands.
Organic pollutants in outflow	C1.047	x		x	AOX	
	C1.048	x		x	B(a)P	
	C1.049	x		x	PCB	
	C1.050	x		x	PCDD	
	C1.051	x		x	PCDF	
	C1.052	x		x	PFC	
	C1.053	x		x	dI-PCB	
Wastewater Reuse C2	C2.001	x	x	x	Percentage of wastewater output being recycled or reused	
Sludge C3	C3.001	x	x	x	Total Sludge produced yearly	Total amount of sludge produced in the reporting year.
Sludge Quality parameters	C3.002	x	x	x	Al	
	C3.003	x	x	x	As	
	C3.004	x	x	x	Cd	
	C3.005	x	x	x	Co	

Category	ID	UN	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
Metals, metalloids and trace elements in sludge	C3.006	x	x	x	Cr	
	C3.007	x	x	x	Cu	
	C3.008	x	x	x	Fe	
	C3.009	x	x	x	Mn	
	C3.010	x	x	x	Ni	
	C3.011	x	x	x	Ti	
	C3.012	x	x	x	Zn	
	C3.013	x	x	x	Hg	
	C3.014	x	x	x	Pb	
	C3.015	x	x	x	Se	
	C3.016	x	x	x	B	
	C3.017	x	x	x	Mo	
Nutrients in sludge	C3.018	x		x	Total Nitrogen	
	C3.019	x		x	Ammonium	
	C3.020			x	Nitrates	
	C3.021				Nitrites	
	C3.022	x		x	Phosphorus	
	C3.023				Electric conductivity	
	C3.024	x		x	K	
	C3.025	x		x	Ca	
Salts in sludge	C3.026	x		x	Mg	
	C3.027	x		x	Na	
	C3.028			x	SAR	
	C3.029			x	Moisture content	
	C3.030	x	x	x	Calorific value	
Pathogens in sludge	C3.031		x	x	Helminths	
	C3.032		x	x	Total coliforms	
	C3.033		x	x	E. coli	
	C3.034				Salmonella	
Organics	C3.035	x	x	x	Organic Matter	
	C3.036	x		x	Organic acids	
	C3.037	x		x	pH	
	C3.038	x			Microplastics	
	C3.039	x			AOX	Visible microplastics. Microplastics are defined as no greater than 5 mm and/or synthetic fibre strands.
Organic pollutants	C3.040			x	B(a)P	
	C3.041			x	PCB	
	C3.042				PCDD	
	C3.043				PCDF	
	C3.044			x	PFC	
Sludge use C4	C3.045				dI-PCB	
	C4.001	x	x	x	Scope of sludge management	% of sludge that is managed, including treatment in different ways, such as use in agriculture, thermal disposal, landfills, etc. As proposed by Popovic & Kraslawski (2018)
	C4.002	x	x	x	Current use/management of sludge	What is done with sludge once it is dried at the plant?
	C4.003	x			Which sludge management improvement options have been identified in the past and by whom?	
Emissions C5	C4.004		x	x	Potential sludge users	Who?
	C5.001	x	x	x	Total Biogas production	How much biogas was produced in the reporting year?

Category	ID	UNU	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
	C5.002	x	x		Current use/management of biogas	How is biogas currently managed?
	C5.003	x			Which improved biogas management options been identified and by whom?	Yes/No. What options have been proposed in the past?
	C5.004	x	x		Potential biogas users?	Who?
	C5.005	x	x	x	GHG emissions	Can be divided into GHG emissions linked to plant operation and maintenance, and emissions produced by the wastewater itself. Specify and disclose method for Calculations performed in an annex. The online tool ECAM (wacclim.org/ecam) is an option for estimation.
	C5.006			x	Are there complaints regarding odours?	E.g. neighbours
GHG Emissions	C5.007			x	Strength of odour in the treated waste water	high, medium, low
	C6.001	x		x	Solid Waste produced	Solid waste types produced by operation at the plant.
Solid Waste	C6.002			x	Solid waste sustainable management plan	Is there a waste management programme in place that takes into consideration reuse and/or recycling of solid waste, and/or plans to reduce waste or eliminate it, e.g. by changing inputs?
MANAGEMENT D2	D0.001	x	x	x	Number of operators	
	D0.002	x			Shift length	How many hours do the operators work?
Staff D0	D0.003		x	x	Employee/inhabitant ratio	Number of employees per 1,000 inhabitants served by the plant.
Management D1	D1.001		x	x	Existence Operation manual	Does a clear, up to date operations manual exist on site, and available to all people operating the plant?
	D1.002		x	x	Regularity of maintenance	
Capacities D2	D2.001		x	x	Capacity sufficiency	Does all the personnel involved have the knowledge and skills they need to have?
	D2.002				Capacity needs identified	What skills or knowledge are needed by plant operators and other personnel directly in contact with the facility? Make a precise list relating stakeholders with capacity needs.
	D2.003		x	x	Accessible Sampling and processing equipment	Does the plant have its own equipment or easy and hassle-free access to sampling and analysis to monitor wastewater, treated water and by-products quality?
Compliance and certification D3	D3.001	x		x	Discharge standards compliance	Percent of time that the plant's outflow complies with applicable regulations. State which regulations are being considered
	D3.002			x	Analysis frequency compliance	Ratio between the number of effluent samplings per month and number of effluent sampling per month required by law of wastewater treatment policy (as proposed by Popovic & Kraslawski (2018))
	D3.003		x		Certification	Does the plant have some quality certification (ISO, or other national/international standards)
RISK E1	E0.001			x	Has a health risk assessment related to waste water been performed at the site?	
Health E0	E0.002		x	x	Are health risks being managed?	
	E0.003		x	x	Do the operators have the necessary health and safety equipment?	
	E1.001				Has a natural hazard risk assessment been performed at the facility?	

Category	ID	UN	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
Other hazards E1	E1.002				Are natural hazard risks being managed?	
	E1.003				Has an environmental impact study relating wastewater with ecosystem health been performed at the site?	
	E1.004		x	x	What efforts are being made to reduce or manage environmental impacts?	
	E1.005				Presence or risk of groundwater pollution	
	E1.006				Presence or risk of surface water pollution	
	TOTAL	211	141	85	163	

DATASET I.02 - TECHNICAL-ENVIRONMENTAL BASELINE - MUNICIPAL Scale						
Category	ID	UN	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
GENERAL A	A0.001		x	x	Total number of connections to sewerage system	
	A0.002			x	Total population connected to sewage system	
INPUTS B	B0.001	x	x	x	Total Estimated Municipal Water Demand	Calculation of the theoretical water demand, according to the total population x an average endowment. Specify what endowment what used to estimate (WHO, local regulation, etc).
	B.002	x	x		Total Municipal Water Supply	Volume "produced" by the municipal water facility, i.e. volume pumped into the water system.
Water supply and demand B0	B.003	x			Supply per source	Where does the municipality get its water from? State proportions if data is available
	B.004	x			Estimated yearly water availability per capita	Water balance calculations
	B.005	x			Water consumption per sector	When possible, identify water demand proportions by different user groups within the municipality. Modify or add other user groups if necessary.
OUTPUTS C Wastewater production C0	C0.001	x	x	x	Total Waste Water Production (TWW)	Total Waste water produced in the municipality in the reporting year
	C0.002	x			Wastewater types	The answer to this data item is a list identifying different types of waste water. (domestic, agricultural runoff, industrial, etc).
	C0.003	x	x		Wastewater composition (fractions)	Identify the different proportions that each consumer type contributes to the total waste water produced (TWWF) in the municipality: domestic, rain, urban runoff, agricultural runoff, etc.
Wastewater treatment C1	C1.001	x		x	Proportion of wastewater safely treated	WHO proposes this indicator and a methodology to measure it. Its indicator 6.3.1 of the SDG 6. http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/coverage/stepbystep-631-20161021.pdf
	C1.002	x			Proportion of TWW going to treatment at studied plant	
	C1.003	x			Proportion of TWW going to treatment at other plant(s)	
	C1.004				Name, location and process of other plants within the municipality	
	C1.005	x		x	Proportion of TWW going to unsafe or inefficient disposal within the municipality	
	C1.006	x		x	Proportion of TWW going to untreated release within the municipality	
	C1.007	x			Proportion of TWW being exported to other regions (municipalities, micro watersheds or watersheds)	
	C1.008			x	Proportion of population using open defecation	

Category	ID	UNU	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
MANAGEMENT D	D0.001	x		x	Number of employees in the wastewater management sector	
	D0.002		x	x	Employee/inhabitant ratio	Number of employees per 1,000 inhabitants served by the plant.
Staff D0	D1.001			x	Regularity of maintenance	
Management D1	D2.001	x	x	x	Capacity sufficiency	Does the personnel involved in wastewater management have the knowledge and skills they need to have?
Capacities D2	D2.002				Capacity needs identified	What skills or knowledge are needed by plant operators and other personnel directly in contact with the facility? Make a precise list relating stakeholders with capacity needs.
Compliance and certification D3	D2.003		x	x	Accessible Sampling and processing equipment	Does the municipality have its own equipment or easy and hassle-free access to sampling and analysis to monitor wastewater, treated water and by-products quality?
	D3.001				Certification	Does the municipal wastewater management system have some quality certification (ISO, or others)?
RISK E	E0.001				Has a health risk assessment related to wastewater been performed at the municipal scale?	
	E0.002		x	x	Are health risks related to the wastewater system being managed at the municipal scale?	
Health E0	E1.001				Has a natural disasters risk assessment been performed for the wastewater management system at the municipal scale?	
Natural hazards E1	E1.002				Are natural hazard risks to the municipal wastewater management system being managed?	
Environmental impact E2	E2.001				Has an environmental impact study relating wastewater with ecosystem health been performed at the municipal scale?	
	E2.002				Are efforts being made to reduce or manage environmental impacts?	
TOTAL	31	16	10	14		

DATASET I.03 - TECHNICAL-ENVIRONMENTAL BASELINE – Sub-catchment Scale

Category	ID	UNU	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
ECOLOGICAL DYNAMICS A	A0.001		x	x	Average Yearly Discharge regime	Water volume discharged by the river into receiving water body
	A0.002	x	x		Mean yearly Water resources availability	Water resources available to humans under current infrastructural conditions (wells, dams, etc)
Hydrology A0	A0.003	x			Mean annual water volume from springs	How much of the river's mean volume comes from these source(s)?
	A0.004	x			Mean annual water volume from run off	How much of the river's mean volume come from rain run off
	A0.005	x			Mean annual flow from raw waste water	How much of the river's mean volume come from raw wastewater?
	A0.006	x			Mean annual flow from treated waste water	How much of the river's mean volume come from rain run off
Resources health A1	A1.001			x	Level of deforestation upstream	
	A1.002			x	Level of soil erosion upstream	
	A1.003	x			Identified factors affecting river water quality upstream	Other than the WWTP. From literature and/or visual surveillance and interviews on field.
WATER QUALITY B	B0.001		x	x	Temperature	Quality of stream/river before contact with discharge from the treatment plant
	B0.002	x	x	x	BOD	

Category	ID	UNU	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
	B0.003	x	x	x	COD	
	B0.004	x	x	x	Total Nitrogen	
	B0.005	x	x	x	Ammonium	
	B0.006	x	x	x	Nitrates	
	B0.007	x	x	x	Total Phosphorus	
	B0.008		x	x	K	
	B0.009		x	x	Ca	
	B0.010		x	x	Mg	
	B0.011		x	x	Na	
	B0.012		x	x	SAR	
	B0.013	x	x	x	Electric conductivity	
	B0.014	x	x	x	Faecal coliforms	
	B0.015		x	x	E. coli	
	B0.016		x	x	Helminths	
	B0.017		x	x	Dissolved organic Carbon (DOC)	
	B0.018		x	x	Organic Matter	
	B0.019		x	x	Organic acids	
	B0.020	x	x	x	TSS	
	B0.021	x	x	x	Turbidity	
	B0.022	x	x	x	pH	
	B0.023		x	x	Al	
	B0.024		x	x	As	
	B0.025		x	x	Cd	
	B0.026		x	x	Co	
	B0.027		x	x	Cr	
	B0.028		x	x	Cu	
	B0.029		x	x	Fe	
	B0.030		x	x	Mn	
	B0.031		x	x	Ni	
	B0.032		x	x	Ti	
	B0.033		x	x	Zn	
	B0.034		x	x	Hg	
	B0.035		x	x	Pb	
	B0.036		x	x	Se	
	B0.037		x	x	B	
	B0.038		x	x	Mo	
	B0.039		x	x	Residual chlorine	
	B0.040		x	x	Microplastics	
	B0.041		x	x	AOX	
	B0.042		x	x	B(a)P	
	B0.043		x	x	PCB	
	B0.044		x	x	PCDD	
	B0.045		x	x	PCDF	
	B0.046		x	x	PFC	
	B0.047		x	x	dI-PCB	
WASTEWATER C	C0.001				Number of waste water treatment plants	How many WWTP are there within the sub-catchment area
	C0.002				Total waste water produced	
	C0.003	x		x	Proportion of wastewater safely treated	
MANAGEMENT D					Number of non-municipal staff employed in water resources management at the sub-catchment scale	Number of staff hired by public institutions other than the municipality, appointed especially for the sub-catchment scale.
	D0.001					

Category	ID	UNU	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
Staff D0	D0.002			x	Employee ratio	Number of employees in wastewater management sector per 10,000 inhabitants in the sub-catchment.
Management D1	D1.001			x	River water quality monitoring frequency	
Capacities D2	D2.001	x		x	Capacity sufficiency	Does the personnel involved in wastewater management at this scale have the knowledge and skills they need to have?
	D2.002	x			Capacity needs identified	What skills or knowledge are needed by plant operators and other personnel directly in contact with the facility? Make a precise list relating stakeholders with capacity needs.
	D2.003	x		x	Accessible Sampling and processing equipment	Does the authority in charge of sub-catchment management have its own equipment or easy and hassle-free access to sampling and analysis to monitor water quality?
Compliance and certification D3	D3.001				Certification	Has the administration facility received certification (of procedures, quality standards, etc)?
RISK E	E0.001	x			Has a health risk assessment related to wastewater been performed at the sub-catchment scale?	
Health E0	E0.002	x	x	x	Are health risks related to the wastewater system being managed at the sub-catchment scale?	
	E2.001	x			Has an environmental impact study relating wastewater with ecosystem health been performed at the municipal scale?	
Environmental impact E2	E2.001	x			Are efforts being made to reduce or manage environmental impacts of the wastewater management system on the sub-catchment?	
TOTAL	70	25	50	56		

DATASET I.04 - TECHNICAL-ENVIRONMENTAL BASELINE - Watershed Scale

Category	ID	UNU	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
ECOLOGICAL DYNAMICS A	A0.001	x			Average Yearly Discharge regime	Water volume discharged into the main water body receiving water body
Hydrology A0	A0.002	x			Mean yearly Water resources availability	Water resources available to humans under current infrastructural conditions (wells, dams, etc)
Resources	A1.001			x	Degree of deforestation	
	A1.002			x	Degree of soil erosion upstream	
Health A1	A1.003	x			Identified factors affecting water quality	
	A1.004			x	Main waterbody eutrophication	low, medium, high
WATER QUALITY B	B0.001			x	Temperature	Quality of main receiving body at the watershed scale
	B0.002	x		x	BOD	
	B0.003	x		x	COD	
	B0.004	x		x	Total Nitrogen	
	B0.005	x		x	Ammonium	
	B0.006	x		x	Nitrates	
	B0.007	x		x	Total Phosphorus	
	B0.008			x	K	
	B0.009			x	Ca	
	B0.010			x	Mg	
	B0.011			x	Na	
	B0.012			x	SAR	
	B0.013	x		x	Electric conductivity	
	B0.014	x		x	Faecal coliforms	

Category	ID	UNU	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
	B0.015			x	E. coli	
	B0.016			x	Helminths	
	B0.017			x	Dissolved organic Carbon (DOC)	
	B0.018			x	Organic Matter	
	B0.019			x	Organic acids	
	B0.020	x		x	TSS	
	B0.021	x		x	Turbidity	
	B0.022	x		x	pH	
	B0.023			x	Al	
	B0.024			x	As	
	B0.025			x	Cd	
	B0.026			x	Co	
	B0.027			x	Cr	
	B0.028			x	Cu	
	B0.029			x	Fe	
	B0.030			x	Mn	
	B0.031			x	Ni	
	B0.032			x	Ti	
	B0.033			x	Zn	
	B0.034			x	Hg	
	B0.035			x	Pb	
	B0.036			x	Se	
	B0.037			x	B	
	B0.038			x	Mo	
	B0.039			x	Residual chlorine	
	B0.040			x	Microplastics	
	B0.041			x	AOX	
	B0.042			x	B(a)P	
	B0.043			x	PCB	
	B0.044			x	PCDD	
	B0.045			x	PCDF	
	B0.046			x	PFC	
	B0.047			x	dl-PCB	
WASTE WATER C	C0.001				Number of waste water treatment plants	How many WWTP are there within the watershed area
	C0.002			x	Total waste water produced	
	C0.003	x		x	Proportion of wastewater safely treated	
MANAGEMENT D	D0.001				Number of non-municipal staff employed in water resources management at the watershed scale	Number of staff hired by public institutions other than the municipality, appointed especially for the watershed scale.
Staff D0	D0.002			x	Employee ratio	Number of employees per 10,000 inhabitants in the watershed
Management D1	D1.001				Uses of lake water	What uses do different population groups give to lake water?
					Main water body water quality monitoring frequency	
Capacities D2	D2.001	x		x	Capacity sufficiency	Does the personnel involved in wastewater management at the watershed scale have the knowledge and skills they need to have?
	D2.002				Capacity needs identified	What skills or knowledge are needed by personnel involved in wastewater management? Make a precise list relating stakeholders with capacity needs.

Category	ID	UN	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
	D2.003			x	Accessible Sampling and processing equipment	Does the authority in charge of monitoring the watershed have its own equipment or easy and hassle-free access to sampling and analysis to monitor water quality?
Compliance and certification D3	D3.001			x	Water quality monitoring frequency compliance	
	D3.002				Certification	Has the watershed authority received certification (of procedures, quality standards, etc)?
RISK E	E0.001	x			Has a health risk assessment related to wastewater been performed at the watershed scale?	
Health E0	E0.002	x	x	x	Are health risks related to the wastewater system being managed at the watershed scale?	
	E2.001	x			Has an environmental impact study relating wastewater with ecosystem health been performed at the watershed scale?	
Environmental impact E2	E2.001	x			Are efforts being made to reduce or manage environmental impacts of the wastewater management system on the watershed's resources?	
TOTAL	68	20	1	57		

SludgeTec Framework - EXTENDED DATASET IIA - SOCIAL ECONOMIC DATA

DATASET II.01 - SOCIO-ECONOMIC BASELINE - WWTP Scale

Category	ID	UN	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
ECONOMICAL A	A0.001	x		x	Total Running costs	Costs of yearly operation. Clearly state currency
Costs A0	A0.002			x	Cost per m3 of water treated	Cost of producing one cubic meter of water
	A0.003			x	Cost per inhabitant served	
	A0.004	x		x	Proportion of costs: energy	What proportion of the total expenses corresponds to energy?
	A0.005	x			Proportion of costs: raw materials	What proportion of the total expenses corresponds to energy?
	A0.006	x	x	x	Proportion of costs: maintenance and repairs	What proportion of the total expenses corresponds to energy?
	A0.007	x			Proportion of costs: quality testing and lab work	What proportion of the total expenses corresponds to energy?
	A0.008	x			Proportion of costs: salaries and other labour costs	What proportion of the total expenses corresponds to energy?
	A0.009	x			Proportion of costs: training, capacity building	What proportion of the total expenses corresponds to energy?
	A0.010	x			Proportion of costs: solid waste management	What proportion of the total expenses corresponds to energy?
	A1.001	x		x	Total plant income	Total income of the plant yearly. Specify currency used under 'units'
Income A1	A1.002			x	Real financial availability per inhabitant served	
	A1.003	x			Budget deficit	
	A1.004	x	x		Current financing sources	
	A1.005	x			Alternative financing sources identified	
	A1.006			x	Valorisation of by products	Are products of the plant being valorised (sold, recycled, etc)
TOTAL	16	12	2	8		

DATASET II.02 - SOCIO-ECONOMIC BASELINE - Municipal Scale						
Category	ID	UN	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
ECONOMIC A						
Costs A0	A0.001	x	x	x	Financial requirements of wastewater sector at the municipal scale	Total calculated budgetary requirements for the totality of the wastewater sector in the municipality. Data sources can be the municipality itself, or federal-level planning institutions.
	A0.002		x	x	Cost per m3 of water treated	To user
	A0.003		x	x	Cost per inhabitant served	To user
Income A1	A1.001	x	x	x	Total real budget	Total budget available to the municipality to deal with sanitation and wastewater management issues. Similar to "Running costs ration" in Quadros et al., 2010.
	A1.002	x			Ratio Investment per inhabitant served	Ratio investment/ inhabitant. How much does the municipality invest in the WW management system per inhabitant?
	A1.003			x	Percentage of municipal budget destined to wastewater management	Percentage of the municipal budget destined to all waste water treatment activities.
	A1.004	x			Budgetary deficit	
	A1.005		x	x	Cost of connection to water system	To users
	A1.006		x	x	Costs of connection to sewerage system	To users
Finance management A2	A2.001		x	x	Financial plan existing	Does a financial plan exist for the wastewater sector in the municipality?
	A2.002	x	x		Current financing sources	
	A2.003	x			Alternative financing sources identified	
SOCIAL B						
Governance and Management B0	B0.001		x	x	Institutional Planning: Existence of an institutional plan for wastewater management at the municipal scale	Stakeholders mentioned in economic indicators that feasibility studies including things such as population growth projections and technical preliminary studies were important to take into account when planning new projects
	B0.002			x	Clear governance and management structures	Is the governance and management structure clear to all stakeholders involved? Are responsibilities clear?
	B0.003			x	Cross sectoral integration	Is wastewater management integrated with other sectors at the operative or planning scale? i.e. coordination with waste sector, with water sector, with agriculture.
	B0.004			x	Policy concurrence	Are policies overlapping (e.g. two different policies regulate one same resource or process, so as to create confusion or double-regulating)
	B0.005			x	Managerial communication	Is there a direct or uncomplicated communication channel for operators and actors on the ground to inform and influence decision makers?
TOTAL	17	6	9	13		

DATASET II.03 - SOCIO-ECONOMIC BASELINE - Sub-catchment Scale						
Category	ID	UNU	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
SOCIAL B Governance and Management B0	B0.001	x			Is there a governance administrative body for the watershed/ecoregion?	
	B0.002	x			Institutional planning: Existence of an integrated water resources management plan for the watershed?	
	B0.003	x			Institutional Planning: Existence of an institutional plan for wastewater management at the watershed scale?	
	B0.004			x	Clear management structures	
	B0.005			x	Cross sectoral integration	
	B0.006			x	Policy concurrence	
	B0.007			x	Managerial communication	
	TOTAL	7	3	0	4	

DATASET II.04 - SOCIO-ECONOMIC BASELINE - Watershed Scale						
Category	ID	UNU	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
ECONOMIC A	A0.001	x			Total costs for operating water/wastewater facilities/management system at the watershed scale	For running the watershed governance/administration facility, if existing.
	A0.002	x			Budget destined to the watershed administration facility	If a watershed management facility is existing. See data item B0.001
	A0.003	x			Budget deficit?	
	A0.004	x			Current financing sources	
	A0.005	x			Alternative financing sources identified	
SOCIAL B Governance and Management B0	B0.001	x			Is there a governance administrative body for the watershed/ecoregion?	
	B0.002	x			Institutional planning: Existence of an integrated water resources management plan for the watershed?	
	B0.003	x			Institutional Planning: Existence of an institutional plan for wastewater management at the watershed scale	
	B0.004			x	Clear management structures	
	B0.005			x	Cross sectoral integration	is wastewater management integrated with other sectors at the operative or planning scale? i.e. coordination with waste sector, with water sector, with agriculture.
	B0.006			x	Policy concurrence	Are policies overlapping in a way as to create unclerness in response
	B0.007			x	Managerial communication	Is there a direct or uncomplicated communication channel for operators and actors on the ground to inform and influence decision makers?
TOTAL	12	8	0	4		

SludgeTec Framework - EXTENDED DATASET IIB - MULTISCALE SOCIAL DATA						
Category	ID	UNU	SI	LI	Data item	Item description (when needed)
SOCIAL ACCEPTANCE A	A0.001	x	x		Personal interest in wastewater management problems	
	A0.002	x	x		Personal awareness of wastewater management problems	
	A0.003	x			Willingness to be informed about the wastewater management problems	
	A0.004	x			Accessibility to information	
	A0.005	x			Possibilities for providing a recommendation	
	A0.006	x			Recommendations are taken into account?	
	A0.007	x	x		Willingness to participate in decision-making	
	A0.008	x	x		Participative decision-making	
	A0.009	x			Personal acceptance of the current wastewater management	
	A0.010	x			Perception of social acceptance of the current wastewater management	
TOTAL	10	10	4	0		

Annex 2: Overview of the Results of Editing the Extended Set into Site-Specific Datasets

Overview of the results of editing the extended set into the site-specific datasets. Scale 01 (WWTP, shaded in grey) is the only scale to which sustainability assessment was applied to within this phase of the project.

Panajachel Dataset Framework			Tepeji Dataset Framework		
	Scale	Number of items		Scale	Number of items
Dataset 0	1	1	Dataset 0	1	3
Context	2	0	Context	2	3
	3	0		3	4
	4	0		4	5
	Total	1		Total	15
Dataset I	1	98	Dataset I	1	107
Technical	2	15	Technical	2	15
Environmental	3	55	Environmental	3	15
	4	18		4	18
	Total	186		Total	155
Dataset IIa	1	8	Dataset IIa	1	7
Social-Economic	2	8	Social-Economic	2	5
	3	0		3	0
	4	5		4	3
	Total	20		Total	15
Data IIb	Total	10	Data IIb	Total	10
Multi-scalar Social			Multi-scalar Social		
Total items in framework		218	Total items in framework		195

Grey shaded areas indicate the data used in the sustainability assessment

Dataset 0 includes geographic, and other context data, such as coordinates, altitude, climate, population, poverty levels, etc. It serves the purpose of concentrating basic information that is needed to fully understand the site's condition and concentrating it in one single database so that it can quickly referred to during a project.

Dataset I holds technical and environmental information on the WWTP (scale 01), the wastewater management system in the municipality (scale 02), the impacts of these of the hydrological boundaries (sub-catchment and watershed, scales 03 and 04).

Datasets IIa and IIb hold information on governance issues, economic feasibility of the WWTP and the management system, social acceptance and participation.



a. Site-Specific Dataset (Panajachel)

Site-specific Dataset - Panajachel

Total data items: 218. The numbers in the ID column refer to those of the extended set.

PS: Prioritised by stakeholders; **LI:** Data Item comes from the literature; **RG:** Included in Guatemalan regulation;

RM: Included in Mexican regulation

DATASET 0 - Context data - WWTP Scale							
Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
GEOGRAPHY A	A0.003			1		Map	Cartography at the adequate scale to understand the location of the plant in relation to nearest population settlement, water resources and other relevant features.
DATASET I.01 - Technical Environmental data - WWTP Scale							
Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
GENERAL A	A0.001	x	x	1		Technology used	Technical procedure with which the plant treats waste water. Note any relevant particularities. If needed, include a diagram of the process in an annex.
	A0.005	x	x			Number of people served	
INPUTS B	B0.001	x	x			Design inflow	Flow capacity that the plant was originally designed for.
	B0.002	x	x			Volume waste water input	Total volume of water entering the plant in the reporting year
	B0.005	x	x			Average plant capacity utilization	Percent of design capacity being used, on average, during the reporting year
	B0.006	x	x			Volumetric Efficiency	Total wastewater entering the plant /Treated Wastewater (100)
Inflow quality parameters B1	B1.001	x	x			Temperature	
	B1.002	x	x			BOD	Biological Oxygen demand
	B1.003	x	x			COD	Chemical oxygen demand
Inflow Nutrients	B1.004	x	x			Total Nitrogen	
	B1.008	x	x			Total Phosphorus	
	B1.015		x			Faecal coliforms	
Pathogens inflow	B1.016		x			E. coli	
	B1.021		x			TSS	Total suspended solids
	B1.023		x			pH	
Other inputs B2	B2.001	x	x			Raw materials used	Raw materials as inputs necessary for the plant to function (e.g. machine oils, fuel, chemicals for the flocculation phase or other stages of the process, etc.), as well as office supplies and such. When data available is in other units, make sure to note so in the 'Units' column. Tonnes per year is a recommended unit.
	B2.003	x	x			Total energy consumed	Energy consumed in the reporting year, all energy carriers together and all energy uses considered.
OUTPUTS C	C0.001	x	x			Total volume Treated Water produced	Total Outflow of waste water from the plant, in yearly total average.
	C1.001	x	x	1	1	Temperature	
	C1.002	x	x	1	1	BOD	Biological Oxygen demand
	C1.003	x	x	1		COD	Chemical oxygen demand

Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
Pathogens in outflow	C1.004	x	x	1	1	Total Nitrogen	
	C1.008	x	x	1	1	Total Phosphorus	
	C1.015	x	x	1		Faecal coliforms	
	C1.016	x	x			E. coli	
	C1.017	x	x			Helminths	
	C1.019	x	x			Organic Matter	
	C1.021				1	Sedimentable solids	
	C1.022	x	x	1	1	TSS	
	C1.023	x	x			Turbidity	
	C1.024	x	x	1	1	pH	
Metals, metalloids and trace elements in outflow	C1.025	x	x			Al	
	C1.026	x	x	1	1	As	
	C1.027	x	x			Cd	
	C1.028			1	1	Cyanide (CN)	
	C1.029	x	x			Co	
	C1.030	x	x	1	1	Cr	
	C1.031	x	x	1	1	Cu	
	C1.032	x	x			Fe	
	C1.033	x	x			Mn	
	C1.034	x	x	1	1	Ni	
	C1.035	x	x			Ti	
	C1.036	x	x	1	1	Zn	
	C1.037	x	x	1	1	Hg	
	C1.038	x	x	1	1	Pb	
	C1.039	x	x			Se	
	C1.040	x	x			B	
	C1.041	x	x			Mo	
	C1.043	x		1	1	Grease and oils	
	C1.044	x		1	1	Floating matter	
	C1.045			1		Colour	
Wastewater Reuse C2	C2.001	x	x			Percentage of wastewater output being recycled or reused	
Sludge C3	C3.001	x	x			Total Sludge produced yearly	Total amount of sludge produced in the reporting year.
Sludge Quality parameters	C3.002	x	x			Al	
Metals, metalloids and trace elements in sludge	C3.003	x	x	1	1	As	
	C3.004	x	x	1	1	Cd	
	C3.005	x	x			Co	
	C3.006	x	x	1	1	Cr	
	C3.007	x	x	1	1	Cu	
	C3.008	x	x			Fe	
	C3.009	x	x			Mn	
	C3.010	x	x	1	1	Ni	
	C3.011	x	x			Ti	
	C3.012	x	x	1	1	Zn	
	C3.013	x	x	1	1	Hg	
	C3.014	x	x	1	1	Pb	
	C3.015	x	x			Se	
	C3.016	x	x			B	
	C3.017	x	x			Mo	
	C3.030	x	x			Calorific value	
Pathogens in sludge	C3.031	x	x	1	1	Helminths	
	C3.032	x	x	1	1	Total coliforms	
	C3.033	x	x			E. coli	

Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
	C3.034				1	Salmonella	
Organics	C3.035	x	x			Organic Matter	
Sludge use C4							
	C4.001	x	x			Scope of sludge management	% of sludge that is managed, including treatment in different ways, such as use in agriculture, thermal disposal, landfills, etc. As proposed by Popovic & Kraslawski (2018)
	C4.002	x	x			Current use/management of sludge	What is done with sludge once it is dried at the plant?
	C4.004	x	x			Potential sludge users	
Emissions C5							
	C5.001	x	x			Total Biogas production	How much biogas was produced in the reporting year?
	C5.005	x	x			GHG emissions	Can be divided into GHG emissions linked to plant operation and maintenance, and emissions produced by the wastewater itself. Specify and disclose method for Calculations performed in an annex. The online tool ECAM (wacclim.org/ecam) is an option for estimation.
MANAGEMENT D2	D0.001	x	x			Number of operators	
Staff D0	D0.003	x	x			Employee/inhabitant ratio	Number of employees per 1,000 inhabitants served by the plant.
Management D1	D1.001	x	x			Existence Operation manual	Does a clear, up to date operations manual exist on site, and available to all people operating the plant?
	D1.002	x	x			Regularity of maintenance	
Capacities D2	D2.001	x	x			Capacity sufficiency	Does all the personnel involved have the knowledge and skills they need to have?
	D2.003	x	x			Accessible Sampling and processing equipment	Does the plant have its own equipment or easy and hassle-free access to sample and analyse incoming wastewater, treated water and by-products quality?
Compliance and certification D3	D3.001		x			Discharge standards compliance	Percent of time that the plant's outflow complies with applicable regulations. State the regulations are being considered.
	D3.002		x		1	Analysis frequency compliance	Ratio between the number of effluent samplings per month and number of effluent sampling per month required by law of wastewater treatment policy (as proposed by Popovic & Kraslawski (2018))
	D3.003	x				Certification	Does the plant have some quality certification (ISO, or other national/international standards)
RISK E1	E0.001		x			Has a health risk assessment related to waste water been performed at the site?	
Health E0	E0.002	x	x			Are health risks being managed?	
	E0.003	x	x			Do the operators have the necessary health and safety equipment?	
Other hazards E1	E1.001					Has a natural hazard risk assessment been performed at the facility?	
	E1.002					Are natural hazard risks being managed?	

Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
	E1.003					Has an environmental impact study relating wastewater with ecosystem health been performed at the site?	
	E1.004	x	x			What efforts are being made to reduce or manage environmental impacts?	
	E1.005					Presence or risk of groundwater pollution	
	E1.006					Presence or risk of surface water pollution	
DATASET I.02 - Technical Environmental data - Municipal Scale							
Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
GENERAL A	A0.001	x	x			Total number of connections to sewerage system	
INPUTS B							Calculation of the theoretical water demand, according to the total population x an average endowment. Specify what endowment what used to estimate (WHO, local regulation, etc).
	B0.001	x	x			Total Estimated Municipal Water Demand	
OUTPUTS C	C0.001	x	x			Total Waste Water Production (TWW)	Total Waste water produced in the municipality in the reporting year
Wastewater production C0	C1.001			x		Proportion of wastewater safely treated	WHO proposes this indicator and a methodology to estimate this (indicator 6.3.1 of the SDG 6) http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/coverage/stepbystep-631-20161021.pdf
	C1.008			x		Proportion of population using open defecation	
	D0.002	x	x			Employee/inhabitant ratio	Number of employees per 1,000 inhabitants served by the plant.
Management D1	D2.001	x	x			Capacity sufficiency	Does the personnel involved in wastewater management have the knowledge and skills they need to have?
Compliance and certification D3	D2.003	x	x			Accessible Sampling and processing equipment	Does the municipality have its own equipment or easy and hassle-free access to sample and analyse incoming wastewater, treated water and by-products quality?
	D3.001					Certification	Does the facility have some quality certification (ISO, or others)?
RISK E	E0.001					Has a health risk assessment related to wastewater been performed at the municipal scale?	
Health E0	E0.002	x	x			Are health risks related to the wastewater system being managed at the municipal scale?	
Natural hazards E1	E1.001					Has a natural disasters risk assessment been performed for the wastewater management system at the municipal scale?	
	E1.002					Are natural hazard risks to the municipal wastewater management system being managed?	
Environmental impact E2	E2.001					Has an environmental impact study relating wastewater with ecosystem health been performed at the municipal scale?	
	E2.002					Are efforts being made to reduce or manage environmental impacts?	

DATASET I.03 - Technical Environmental data – Sub-catchment Scale							
Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
ECOLOGICAL DYNAMICS A	A0.001					Average Yearly Discharge regime	Water volume discharged by the river into receiving water body
WATER QUALITY B	B0.001					Temperature	Quality of stream/river before contact with discharge from the treatment plant
	B0.002				1	BOD	
	B0.003				1	COD	
	B0.004					Total Nitrogen	
	B0.005					Ammonium	
	B0.006					Nitrates	
	B0.007					Total Phosphorus	
	B0.008					K	
	B0.009					Ca	
	B0.010					Mg	
	B0.011					Na	
	B0.012					SAR	
	B0.013					Electric conductivity	
	B0.014					Faecal coliforms	
	B0.015					E. coli	
	B0.016					Helminths	
	B0.017					Dissolved organic Carbon (DOC)	
	B0.018					Organic Matter	
	B0.019					Organic acids	
	B0.020				1	TSS	
	B0.021					Turbidity	
	B0.022					pH	
	B0.023					Al	
	B0.024					As	
	B0.025					Cd	
	B0.026					Co	
	B0.027					Cr	
	B0.028					Cu	
	B0.029					Fe	
	B0.030					Mn	
	B0.031					Ni	
	B0.032					Ti	
	B0.033					Zn	
	B0.034					Hg	
	B0.035					Pb	
	B0.036					Se	
	B0.037					B	
	B0.038					Mo	
	B0.039					Residual chlorine	
	B0.040					Microplastics	
	B0.041					AOX	
	B0.042					B(a)P	
	B0.043					PCB	
	B0.044					PCDD	
	B0.045					PCDF	
	B0.046					PFC	
	B0.047					dI-PCB	
OUTPUTS C	C0.003					Proportion of wastewater safely treated	

Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
MANAGEMENT D Capacities D2	D2.001					Capacity sufficiency	Does the personnel involved in wastewater management at this scale have the knowledge and skills they need to have?
	D2.003					Accessible Sampling and processing equipment	Does the authority in charge of sub-catchment management have its own equipment or easy and hassle-free access to sampling and analysis to monitor water quality?
RISK E	E0.001					Has a health risk assessment related to wastewater been performed at the sub-catchment scale?	
	E0.002					Are health risks related to the wastewater system being managed at the sub-catchment scale?	
Environmental impact E2	E2.001					Has an environmental impact study relating wastewater with ecosystem health been performed at the municipal scale?	
	E2.001					Are efforts being made to reduce or manage environmental impacts of the wastewater management system on the sub-catchment?	

DATASET I.04 - Technical Environmental data - Watershed Scale

Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
INPUTS B	B0.002		x			BOD	
	B0.003		x			COD	
	B0.004		x			Total Nitrogen	
	B0.007		x			Total Phosphorus	
	B0.008		x			K	
	B0.014		x			Faecal coliforms	
	B0.020		x			TSS	
	B0.021		x			Turbidity	
	B0.023		x			Al	
OUTPUTS C	C0.003		x			Proportion of wastewater safely treated	
Staff D0	D0.002		x			Employee ratio	Number of employees per 10,000 inhabitants in the watershed
Capacities D2	D2.001		x			Capacity sufficiency	Does the personnel involved in wastewater management at the watershed scale have the knowledge and skills they need to have?
	D2.003		x			Accessible Sampling and processing equipment	Does the authority in charge of monitoring the watershed have its own equipment or easy and hassle-free access to sampling and analysis to monitor water quality?
Compliance and certification D3	D3.001		x			Water quality monitoring frequency compliance	
RISK E	E0.001					Has a health risk assessment related to wastewater been performed at the watershed scale?	
	E0.002	x	x			Are health risks related to the wastewater system being managed at the watershed scale?	
Environmental Impact E2	E2.001					Has an environmental impact study relating wastewater with ecosystem health been performed at the watershed scale?	
	E2.001					Are efforts being made to reduce or manage environmental impacts of the wastewater management system on the watershed's resources?	

DATASET II.01 - Social Economic data - WWTP Scale							
Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
Costs A0	A0.002		x			Cost per m3 of water treated	Cost of producing one cubic meter of water
	A0.003		x			Cost per inhabitant served	
	A0.006	x	x			Proportion of costs: maintenance and repairs	What proportion of the total expenses corresponds to energy?
	A0.009					Proportion of costs: training, capacity building	What proportion of the total expenses corresponds to energy?
Income A1	A1.001		x			Total plant income	Total income of the plant yearly. Specify currency used under 'units'
	A1.002		x			Real financial availability per inhabitant served	
	A1.003					Budget deficit	
	A1.006		x			Valorisation of by products	Are products of the plant being valorised (sold, recycled, etc)
DATASET II.02 - Social Economic data - Municipal Scale							
Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
ECONOMICAL A							
	A0.001	x	x			Financial requirements of wastewater sector at the municipal scale	Total calculated budgetary requirements for the totality of the wastewater sector in the municipality. Data sources can be the municipality itself, or federal-level planning institutions.
Income A1	A1.001	x	x			Total real budget	Total budget available to the municipality to deal with sanitation and wastewater management issues. Similar to "Running costs ration" in Quadros et al., 2010.
	A1.002					Ratio Investment per inhabitant served	Ratio investment/ inhabitant. How much does the municipality invest in the WW management system per inhabitant?
	A1.004					Budgetary deficit	
	A1.005	x	x			Cost of connection to water system	To users
	A1.006	x	x			Costs of connection to sewerage system	To users
Finance management A2	A2.001	x	x			Financial plan existing	Does a financial plan exist for the wastewater sector in the municipality?
Governance and Management B0	B0.001	x	x			Institutional Planning: Existence of an institutional plan for wastewater management at the municipal scale	Stakeholders mentioned in economic indicators that feasibility studies including things such as population growth projections and technical preliminary studies were important to take into account when planning new projects

DATASET II.04 - Social Economic data - Watershed Scale							
Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
ECONOMICAL A	A0.001					Total costs for operating water/wastewater facilities/management system at the watershed scale	For running the watershed governance/administration facility, if existing.
	A0.002					Budget destined to the watershed administration facility	If a watershed management facility is existing
	A0.003					Budget deficit?	
SOCIAL B	B0.001					Is there a governance administrative body for the watershed/ecoregion?	
Governance and Management B0	B0.002					Institutional planning: Existence of an integrated water resources management plan for the watershed?	
DATASET IIB - Social Acceptance - Multiscalar							
Category	ID	PS	IL	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
SOCIAL B Inclusion/Participation	B0.001					Personal interest in wastewater management problems	
	B0.002					Personal awareness of wastewater management problems	
	B0.003					Willingness to be informed about the wastewater management problems	
	B0.004					Accessibility to information	
	B0.005					Possibilities for providing a recommendation	
	B0.006					Recommendations are taken into account?	
	B0.007					Willingness to participate in decision-making	
	B0.008					Participative decision-making	
	B0.009					Personal acceptance of the current wastewater management	
	B0.010					Perception of social acceptance of the current wastewater management	



b. Site-Specific Dataset (Tepeji)

Site-specific Dataset - Tepeji

Total data items: 195; The numbers in the ID column refer to those of the extended set.

PS: Prioritised by stakeholders; **LI:** Data Item comes from the literature; **RG:** Included in Guatemalan regulation;

RM: Included in Mexican regulation

DATASET 0.1 - Context data - WWTP Scale							
Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
GEOGRAPHY A	A0.003			1		Map	Insert in Annex - cartography at the adequate scale to understand the location of the plant in relation to nearest population settlement, water resources and other relevant features.
	A0.006		x			Land uses in 1 km radius	
	A0.007		x			Distance to nearest house	
DATASET 0.2 - Context data - Municipal Scale							
Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
GEOGRAPHY A	A0.001					Spatial definition (maps)	Insert in Annex - cartography at the adequate scale to understand the location of the plant in relation to nearest population settlement, water resources and other relevant features.
POPULATION B	B0.001					Total population	Total population in the municipality. When possible, include floating population and their temporal behaviour when relevant (e.g. tourism, yearly massive events, etc.)
LAND USE AND ECONOMY C	C0.001					Predominant Land uses	Major land uses in the municipality, describe to the best degree of detail possible. E.G. when data is available, state the type of crop and farming methods instead of simply stating "Agriculture".
DATASET 0.3 - Context data – Sub-catchment Scale							
Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
GEOGRAPHY A	A0.001					Spatial definition (maps)	Insert in Annex - cartography at the adequate scale to understand the location of the plant in relation to nearest population settlement, water resources and other relevant features.
	A0.006					Discharges to	River or sub-catchment water body discharges to
	A0.009					Conservation status, general ecological status	If literature or reports are available to provide reference, state the s the overall ecological status of the area (conserved, endangered, etc).
	C0.002					Predominant Land uses downstream from WWTP	

DATASET 0.4 - Context data - Watershed Scale							
Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
GEOGRAPHY A	A0.001					Spatial definition (maps)	Insert in Annex - cartography at the adequate scale to understand the location of the plant in relation to nearest population settlement, water resources and other relevant features.
	A0.004					Discharges to	If exoreic, body of water and/or basin where the watershed discharges into
	A0.008					Level of exploitation of water resources	
	A0.009					Conservation status, general ecological status	If literature or reports are available to provide reference, state the s the overall ecological status of the area (conserved, endangered, etc).
	B0.003					Predominant land uses	
DATASET I.01 - Technical Environmental data - WWTP Scale							
Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description
GENERAL A	A0.001		x			Technology used	Technical procedure with which the plant treats waste water. Note any relevant particularities. If needed, include a diagram of the process in an annex.
	A0.002		x			Construction year	Year of construction. When construction lasted more than one year, state ending year.
	A0.005		x			Number of people served	
INPUTS B	B0.001		x			Design inflow	Flow capacity that the plant was originally designed for.
	B0.002		x			Volume waste water input	Total volume of water entering the plant in the reporting year
Inflow B0	B0.003					Average inflow (AF)	Average flow (in a year) of wastewater into WWTP.
	B0.005		x			Average plant capacity utilization	Percent of design capacity being used, on average, during the reporting year
	B0.006		x			Volumetric Efficiency	Total TTW/TW(100)
Inflow quality parameters B1	B1.001		x			Temperature	
	B1.002		x			BOD	
	B1.003		x			COD	
Inflow nutrients	B1.004		x			Total Nitrogen	
	B1.008		x			Total Phosphorus	
Salts inflow	B1.009		x			K	
	B1.010		x			Ca	
	B1.011		x			Mg	
	B1.012		x			Na	
	B1.014		x			Electric conductivity	
Pathogens inflow	B1.015		x			Faecal coliforms	
	B1.016		x			E. coli	
	B1.021		x			TSS	
	B1.023		x			pH	
	B1.025		x			As	
	B1.026		x			Cd	
	B1.028		x			Cr	

Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
	B1.029		x			Cu	
	B1.030		x			Fe	
	B1.031		x			Mn	
	B1.032		x			Ni	
	B1.033		x			Ti	
	B1.034		x			Zn	
	B1.035		x			Hg	
	B1.036		x			Pb	
	B1.037		x			Se	
	B1.038		x			B	
	B1.039		x			Mo	
Others	B1.040		x			Residual chlorine	
	B1.041					Grease and oils	
	B1.042					Floating matter	
	B1.043					Colour	
	B2.003		x			Total energy consumed	Energy consumed in the reporting year, all energy carriers together and all energy uses considered.
	B2.004		x			Energy/m3 treated water	
OUTPUTS C							
	C0.001		x			Total volume Treated Water produced	Total Outflow of waste water from the plant, in yearly total average.
	C1.001		x			Temperature	
	C1.002		x			BOD	
	C1.003		x			COD	
	C1.004		x			Total Nitrogen	
Nutrients in outflow	C1.006		x			Nitrates	
	C1.007		x			Nitrites	
	C1.008		x			Total Phosphorus	
Salts in outflow	C1.009		x			K	
	C1.010		x			Ca	
	C1.011		x			Mg	
	C1.012		x			Na	
	C1.014		x			Electric conductivity	Can be used when measurements for salinity/SAR (Na, Ca Mg) are not available, as general indicator for salinity.
Pathogens in outflow	C1.015		x			Faecal coliforms	
	C1.016		x			E. coli	
	C1.017		x			Helminths	
	C1.021					Sedimentable solids	
	C1.022		x			TSS	
	C1.024		x			pH	
	C1.026		x			As	
	C1.027		x			Cd	
	C1.028					Cyanide (CN)	
	C1.030		x			Cr	
	C1.031		x			Cu	
	C1.034		x			Ni	
	C1.036		x			Zn	
	C1.037		x			Hg	
	C1.038		x			Pb	
	C1.043					Grease and oils	
	C1.044					Floating matter	
	C1.045					Colour	

Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
Wastewater Reuse C2	C2.001		x			Percentage of wastewater output being recycled or reused	
Sludge C3	C3.001		x			Total Sludge produced yearly	Total amount of sludge produced in the reporting year.
Metals, metalloids and trace elements in sludge	C3.003		x			As	
	C3.004		x			Cd	
	C3.006		x			Cr	
	C3.007		x			Cu	
	C3.010		x			Ni	
	C3.012		x			Zn	
	C3.013		x			Hg	
	C3.014		x			Pb	
Pathogens in sludge	C3.031		x			Helminths	
	C3.032		x			Total coliforms	
	C3.034					Salmonella	
Sludge use C4	C4.001		x			Scope of sludge management	% of sludge that is managed, including treatment in different ways, such as use in agriculture, thermal disposal, landfills, etc. As proposed by Popovic & Kraslawski (2018)
GHG Emissions	C5.006		x			Are there complaints regarding odours?	E.g. neighbours
	C5.007		x			Strength of odour in the treated waste water	High, medium, low
Solid Waste	C6.002		x			Solid waste sustainable management plan	Is there a waste management programme in place that takes into consideration reuse and/or recycling of solid waste, and/or plans to reduce waste or eliminate it, e.g. by changing inputs?
Staff D0	D0.003		x			Employee/inhabitant ratio	Number of employees per 1,000 inhabitants served by the plant.
Management D1	D1.001		x			Existence Operation manual	Does a clear, up to date operations manual exist on site, and available to all people operating the plant?
	D1.002		x			Regularity of maintenance	
Capacities D2	D2.001		x			Capacity sufficiency	Does all the personnel involved have the knowledge and skills they need to have?
	D2.003		x			Accessible Sampling and processing equipment	Does the plant have its own equipment or easy and hassle-free access to sampling and analysis to monitor wastewater, treated water and by-products quality?
Compliance and certification D3	D3.001		x			Discharge standards compliance	Percent of time that the plant's outflow complies with applicable regulations. State which regulations are being considered
	D3.002		x			Analysis frequency compliance	Ratio between the number of effluent samplings per month and number of effluent sampling per month required by law of wastewater treatment policy (Popovic & Kraslawski 2018)

Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
	D3.003					Certification	Does the plant have some quality certification (ISO, or other national/international standards)
RISK E1	E0.001		x			Has a health risk assessment related to waste water been performed at the site?	
Health E0	E0.002		x			Are health risks being managed?	
	E0.003		x			Do the operators have the necessary health and safety equipment?	
Other hazards E1	E1.001					Has a natural hazard risk assessment been performed at the facility?	
	E1.002					Are natural hazard risks being managed?	
	E1.003					Has an environmental impact study relating wastewater with ecosystem health been performed at the site?	
	E1.004		x			What efforts are being made to reduce or manage environmental impacts?	
	E1.005					Presence or risk of groundwater pollution	
	E1.006					Presence or risk of surface water pollution	
DATASET I.02 - Technical Environmental data - Municipal Scale							
Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
GENERAL A	A0.002		x			Total population connected to sewage system	
INPUTS B							Calculation of the theoretical water demand, according to the total population x an average endowment. Specify what endowment what used to estimate (WHO, local regulation, etc).
	B0.001		x			Total Estimated Municipal Water Demand	
OUTPUTS C Wastewater production C0	C0.001		x			Total Waste Water Production (TWW)	Total Waste water produced in the municipality in the reporting year
	C1.001		x			Proportion of wastewater safely treated	WHO proposes this indicator and a methodology to measure it. It indicator 6.3.1 of the SDG 6. http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/coverage/stepbystep-631-20161021.pdf
	C1.008		x			Proportion of population using open defecation	
MANAGEMENT D	D0.002		x			Employee/inhabitant ratio	Number of employees per 1,000 inhabitants served by the plant.
	D2.001		x			Capacity sufficiency	Does the personnel involved in wastewater management have the knowledge and skills they need to have?
	D2.003		x			Accessible Sampling and processing equipment	Does the municipality have its own equipment or easy and hassle-free access to sampling and analysis to monitor wastewater, treated water and by-products quality?
Compliance and certification D3	D3.001					Certification	Does the municipal wastewater management system have some quality certification (ISO, or others)?

Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
RISK E Health E0	E0.001					Has a health risk assessment related to wastewater been performed at the municipal scale?	
	E0.002		x			Are health risks related to the wastewater system being managed at the municipal scale?	
Natural hazards E1	E1.001					Has a natural disasters risk assessment been performed for the wastewater management system at the municipal scale?	
	E1.002					Are natural hazard risks to the municipal wastewater management system being managed?	
Environmental Impact E2	E2.001					Has an environmental impact study relating wastewater with ecosystem health been performed at the municipal scale?	
	E2.002					Are efforts being made to reduce or manage environmental impacts?	

DATASET I.03 - Technical Environmental data – Sub-catchment Scale

Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description
WATER QUALITY B	B0.001		x			Temperature	Quality of stream/river before contact with discharge from the treatment plant
	B0.002		x		1	BOD	
	B0.003		x		1	COD	
	B0.006		x			Nitrates	
	B0.007		x			Total Phosphorus	
	B0.013		x			Electric conductivity	
	B0.020		x		1	TSS	
	B0.022		x			pH	
OUTPUTS C	C0.003		x			Proportion of wastewater safely treated	
MANAGEMENT D Capacities D2	D2.001		x			Capacity sufficiency	Does the personnel involved in wastewater management at this scale have the knowledge and skills they need to have?
	D2.003		x			Accessible Sampling and processing equipment	Does the authority in charge of sub-catchment management have its own equipment or easy and hassle-free access to sampling and analysis to monitor water quality?
RISK E Health E0	E0.001					Has a health risk assessment related to wastewater been performed at the sub-catchment scale?	
	E0.002		x			Are health risks related to the wastewater system being managed at the sub-catchment scale?	
Environmental Impact E2	E2.001					Has an environmental impact study relating wastewater with ecosystem health been performed at the municipal scale?	
	E2.001					Are efforts being made to reduce or manage environmental impacts of the wastewater management system on the sub-catchment?	

DATASET I.04 - Technical Environmental data - Watershed Scale

Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description
WATER QUALITY B	B0.002		x		1	BOD	
	B0.003		x		1	COD	
	B0.004		x			Total Nitrogen	
	B0.007		x			Total Phosphorus	
	B0.008		x			K	

Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
	B0.014		x			Faecal coliforms	
	B0.020		x	1		TSS	
	B0.021		x			Turbidity	
	B0.023		x			AI	
MANAGEMENT D	C0.003		x			Proportion of wastewater safely treated	
Staff D0	D0.002		x			Employee ratio	Number of employees per 10,000 inhabitants in the watershed
Capacities D2	D2.001		x			Capacity sufficiency	Does the personnel involved in wastewater management at the watershed scale have the knowledge and skills they need to have?
	D2.003		x			Accessible Sampling and processing equipment	Does the authority in charge of monitoring the watershed have its own equipment or easy and hassle-free access to sampling and analysis to monitor water quality?
Compliance and certification D3	D3.001		x			Water quality monitoring frequency compliance	
RISK E	E0.001					Has a health risk assessment related to wastewater been performed at the watershed scale?	
Health E0	E0.002		x			Are health risks related to the wastewater system being managed at the watershed scale?	
Environmental Impact E2	E2.001					Has an environmental impact study relating wastewater with ecosystem health been performed at the watershed scale?	
	E2.001					Are efforts being made to reduce or manage environmental impacts of the wastewater management system on the watershed's resources?	

DATASET II.01 - Social Economic data - WWTP Scale							
Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description
Costs A0	A0.002		x			Cost per m3 of water treated	Cost of producing one cubic meter of water
	A0.003		x			Cost per inhabitant served	
	A0.009					Proportion of costs: training, capacity building	What proportion of the total expenses corresponds to energy?
Income A1	A1.001		x			Total plant income	Total income of the plant yearly. Specify currency used under 'units'
	A1.002		x			Real financial availability per inhabitant served	
	A1.003					Budget deficit	
	A1.006		x			Valorisation of by products	Are products of the plant being valorised (sold, recycled, etc)

DATASET II.02 - Social Economic data - Municipal Scale							
Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
Costs A0	A0.002		x			Cost per m3 of water treated	To user
	A0.003		x			Cost per inhabitant served	To user

Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
Finance management A2	A1.002		x			Ratio Investment per inhabitant served	Ratio investment/ inhabitant. How much does the municipality invest in the WW management system per inhabitant?
	A1.004					Budgetary deficit	
	A2.001		x			Financial plan existing	Does a financial plan exist for the wastewater sector in the municipality?

DATASET II.04 - Social Economic data - Watershed Scale

Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
Costs A0	A0.003					Budget deficit?	
SOCIAL B	B0.001					Is there a governance administrative body for the watershed/ecoregion?	
	B0.003					Institutional Planning: Existence of an institutional plan for wastewater management at the watershed scale	

DATASET IIB - Social Acceptance - Multiscalar

Category	ID	PS	LI	RG	RM	Data item	Item description (when needed)
SOCIAL B Inclusion/Participation	B0.001					Personal interest in wastewater management problems	
	B0.002					Personal awareness of wastewater management problems	
	B0.003					Willingness to be informed about the wastewater management problems	
	B0.004					Accessibility to information	
	B0.005					Possibilities for providing a recommendation	
	B0.006					Recommendations are taken into account?	
	B0.007					Willingness to participate in decision-making	
	B0.008					Participative decision-making	
	B0.009					Personal acceptance of the current wastewater management	
	B0.010					Perception of social acceptance of the current wastewater management	

Annex 3: Overview of Data Meetings

Data meetings in Panajachel				Type of data obtained	
No.	Charge	Date	Scales asked	Data obtained at meeting	Documents
1	Director de Planeación municipal	07.08.18	02,03,04	X	
2	Encargada temporal de DGAM	07.08.18	02,03,04		
3	Encargado de la Unidad de Medio Ambiente de la municipalidad de Panajachel	08.08.18	01,02,03	X	X
4	Plant operator at los Cebollales WWTP	08.08.18	01,02	X	
5	Jefe temporal de Saneamiento Ambiental AMSCLAE	09.08.18	01,03,04	X	
6	Jefe del Departamento Agrícola y Forestal AMSCLAE	09.08.18	03,04	X	
7	Gerente de la Mancomunidad de municipios	09.08.18	02,03,04	X	X
8	Delegado del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) en la provincia de Sololá	09.08.18	03,04	X	

Data meetings in Tepeji				Type of data obtained	
No.	Charge	Date	Scales asked	Data obtained at meeting	Documents
1	Director of CAAMTROH	28.08.18	02,03	X	
	CAAMTROH		02,03	Informal meeting	
2	DGAM	28.08.18	01,02,03,04	X	X
3	WWTP Manager, FIAVHI	29.08.18	01,02,03	X	
4	WWTP Manager Tlaxinacalpan	07.08.18	01	X	
5	CONAGUA	30.08.18	03,04	X	
6	Ecología	31.08.18	01,02	X	X
7	Urban development and territorial planning of the municipality of Tepeji	31.08.18			X

Annex 4: Sampled Parameters

Parameters analysed in Panajachel - Field work August 2018

Raw and treated wastewater		Sludge	
1	Temperature	1	Faecal coliforms
2	pH	2	Helminth eggs
3	Grease and oils	3	Al
4	Floating matter	4	As
5	BOD	5	Ca
6	COD	6	Cd
7	TSS	7	Co
8	Total Nitrogen	8	Cr
9	Total Phosphorus	9	Cu
10	Fecal coliforms	10	Fe
11	Apparent Color	11	Hg
12	Al	12	K
13	As	13	Mn
14	Ca	14	Na
15	Cd	15	Ni
16	Co	16	P
17	Cr	17	Pb
18	Cu	18	Se
19	Fe	19	Zn
20	Hg		
21	K		
22	Mn		
23	Na		
24	Ni		
25	P		
26	Pb		
27	Se		
28	Zn		

Parameters analysed in Tepeji - Field work August 2018

Raw and treated wastewater	
1	Grease and oils
2	Floating matter
3	BOD
4	COD
5	Suspended solids
6	TN
7	TP
8	pH
9	Fecal coliforms
10	Apparent color
11	Al
12	As
13	Ca
14	Cd
15	Co
16	Cr
17	Cu
18	Fe
19	Hg
20	K
21	Mn
22	Na
23	Ni
24	P
25	Pb
26	Se
27	Zn
27	Cn
28	Sedimentable solids
29	Nitrites
30	Nitrates

Annex 5: Questionnaire

General information

Name of the interviewee: [Click here to enter text.](#)

Name of the institution: [Click here to enter text.](#)

Address: [Click here to enter text.](#)

Email: [Click here to enter text.](#)

Phone number: [Click here to enter text.](#)

Sex of the interviewee: [Click here to enter text.](#)

What language(s) do you speak? [Click here to enter text.](#)

Level of education: [Click here to enter text.](#)

From the stakeholder category below, please select the one that represents you the best

☐ Mayors

☐ WWTP Operators

☐ WWTP Managers

☐ State decision makers

☐ National decision makers

☐ National academia

☐ Private sector

☐ Local Community

☐ NGO

☐ Other. Please specify [Click here to enter text.](#)

I Social level of problems related to the waste water management in the region of Panajachel/Tepeji

1. Awareness of the problem

1.1. How interested are you in the problems related to waste water management in the region of Panajachel/Tepeji?

(Not interested) 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ (very interested)

1.2. How aware are you of the problems related to waste water management in the region of Panajachel/Tepeji?

(Not aware) 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ (fully aware) ☐ Don't know

1.3. Please briefly describe the problems related to waste water management in the region of Panajachel/Tepeji

2. Participation

2.1. Information sharing

2.1.1. How often have you tried to access certain information regarding problems related to waste water management in the region of Panajachel/Tepeji? *E.g. documents, regulations, books*

(Never) 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ (many times) ☐ Don't know

2.1.2. How much information is publicly available on waste water management problems in the region of Panajachel/Tepeji? *E.g. in the Municipality, Library, online*

(No information) 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ (all information) ☐ Don't know

2.1.3. Please specify what kind of information you have been trying to access. If you have received the needed information, please briefly describe from whom/where you received it. And if not, from whom you did not get the needed information.

2.2. Recommendation

2.2.1. How many possibilities are there to give recommendations regarding waste water management problems in the region of Panajachel/Tepeji? *E.g. events, activities or online*

(No possibility) 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ (Many possibilities) ☐ Don't know

2.2.2. Have your recommendations been taking into consideration? *E.g. the recommendation was accepted, or the recommendations were unfounded rejected*

(Not considered) 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ (Fully considered) ☐ Don't know

2.2.3. Please specify what kind of possibilities exist. If you have given recommendations, what kind of recommendations, where and when?

2.3. Decision-making

2.3.1. How interested have you been in being part of the decision-making process? *E.g., round tables, committees*

(not interested) 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ (very interested) ☐ Don't know

2.3.2. To what extent have decisions been taken in a co-decision-making process regarding waste water management problems in the region of Panajachel/Tepeji? *E.g. on the local or national level*

(Not involved) 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ (Fully involved) ☐ Don't know

2.3.3. Please briefly describe in which kind of decision-making process have you been involved. And specify the process of how decisions are taken.

Social Acceptance

3.1. How satisfied are you with the current waste water management in the region of Panajachel/Tepeji? *E.g. waste water service, costs*

(Not satisfied) 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ (Very satisfied) ☐ Don't know

3.2. How satisfied are the citizens of Panajachel/Tepeji with the waste water management in the region of Panajachel/Tepeji? *E.g. smell, other effects of WWTP*

(Not satisfied) 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ (very satisfied) ☐ Don't know

3.3. Please briefly describe why are you (not) satisfied. Why you think the current situation is (not) accepted. How do you think can the acceptance of the waste water management be improved?

II Stakeholder information

Please go through the list of Stakeholders and:

1. add missing actors, who are affected or can affect waste water management in the region of Panajachel/Tepeji.
2. indicate the relation you/ your organisation have with the other Stakeholders.
 1 = no relation 2 = weak relation 3 = strong relation
3. indicate the relation other Stakeholder may have with you/ your organisation.
 1 = no relation 2 = weak relation 3 = strong relation
4. indicate how much information you receive concerning waste water management in the region of Panajachel/Tepeji.
 1 = no information 2 = a bit information 3 = a lot information
5. indicate how influential these are for waste water management decisions in the region of Panajachel/Tepeji.
 1 = no influence 2 = weak influence 3 = strong influence
6. indicate how important these are for a sustainable solution to the wastewater problem in the region of Panajachel/Tepeji.
 1 = not important 2 = a bit important 3 = very important
7. indicate how much you trust them.
 1 = no trust 2 = weak level of trust 3 = strong level of trust

1	2	3	4	5	6	7

III Planning in the face of ‘wicked’ nexus problems

1. Inputs to address a problem

Inputs generally refer to what people invest in. They specifically refer to resources for activities to address problems in planning. They can include human resources (e.g. number of staff in public authorities as well as their skills) and financial resources (funding) invested in the planning process.

1.1. Are there sufficient resources to address goal conflicts? *E.g. human and financial resources for mapping stakeholders, their interests, and power relationships*

Yes ☐ ☐ ☐ ☐ No ☐ Don't know

Please specify [Click here to enter text.](#)

1.2. Are there sufficient resources for activities to address system complexity? *E.g. human and financial resources to analyse the current state of the involved resources (quantitative and qualitative aspects), to model system complexity (different factors, their dynamics and interconnections), and to build scenarios on future states of the system*

Yes ☐ ☐ ☐ ☐ No ☐ Don't know

Please specify [Click here to enter text.](#)

1.3. Are there sufficient resources to address uncertainty? *E.g. human and financial resources to gather and share data and information related to the problem in general*

Yes ☐ ☐ ☐ ☐ No ☐ Don't know

Please specify [Click here to enter text.](#)

2. Activities to address a problem

Activities generally refer to what people do to address problems in planning. One example are workshops to understand goal conflicts, system complexity and to gather data.

2.1 Have there been sufficient activities to address goal conflicts? *E.g. activities to understand goal conflicts (e.g. maps of stakeholders, their interests and power relationships) and to resolve goal conflicts (e.g. implementation of facilitated stakeholder workshops / mediation; development of guidelines to address goal conflicts)*

Yes ☐ ☐ ☐ ☐ No ☐ Don't know

Please specify [Click here to enter text.](#)

2.2 Have there been sufficient activities to address system complexity? *E.g. analysis the current state of the involved resources (quantitative and qualitative aspects), model of system complexity (different factors, their dynamics and interconnections), and scenarios on future states of the system*

Yes ☐ ☐ ☐ ☐ No ☐ Don't know

Please specify [Click here to enter text.](#)

2.3 Have there been sufficient activities to address uncertainty? *Data and information needed related to the problem (natural scientific, technical and social scientific related) gathered (new data) and shared (made available in public or to relevant institutions) by e.g. related public authorities, e.g. through monitoring, building joint data bases, capacity development*

Yes ☐ ☐ ☐ ☐ No ☐ Don't know

Please specify [Click here to enter text.](#)

3. Outputs to address a problem

Outputs refer to what people produce in the planning process. Examples are new capacities (skills/abilities such as learning: improved knowledge, new perspectives), products (e.g. new concepts, methods, approaches), and services (e.g. putting data online for farmers). Outputs can be tangible and non-tangible.

3.1 Are there sufficient new capacities, products or services to address goal conflicts? *E.g. new capacity to facilitate stakeholder discussions, decision support tools, guidelines on how to address conflicts*

Yes ☐ ☐ ☐ ☐ No ☐ Don't know

Please specify [Click here to enter text.](#)

3.2 Are there sufficient new capacities, products or services to address system complexity? *E.g. new modelling skills, decision support tools*

Yes ☐ ☐ ☐ ☐ No ☐ Don't know

Please specify [Click here to enter text.](#)

3.3 Are there sufficient new capacities, products or services to address uncertainty? *E.g. new monitoring skills, new equipment for monitoring or laboratories and software for analysing data*

Yes ☐ ☐ ☐ ☐ No ☐ Don't know

Please specify [Click here to enter text.](#)

4. Outcomes to address a problem

Outputs refer to changes in performance. These are particularly new policies. Policies can differ from hard to soft law (e.g. new law or non-binding guideline); new means that these policies are built from scratch or adapted.

4.1 Are there new policies that sufficiently address goal conflicts? *E.g. by not negatively affecting conflicting goals and that can be flexibly adapted due to upcoming goal conflicts (e.g. standard adaption mechanisms, low requirements for law adaptations such as simple majority)*

Yes ☐ ☐ ☐ ☐ No ☐ Don't know

Please specify [Click here to enter text.](#)

4.2 Are there new policies that sufficiently consider system complexity? *E.g. policies that are based on an understanding of system complexity and that can be flexibly adapted due to new knowledge on system complexity*

Yes ☐ ☐ ☐ ☐ No ☐ Don't know

Please specify [Click here to enter text.](#)

4.3 Are there new policies that sufficiently consider uncertainty? *E.g. policies that consider the current state of knowledge and that can be flexibly adapted due to new information*

Yes ☐ ☐ ☐ ☐ No ☐ Don't know

Please specify [Click here to enter text.](#)

Annex 6: List of Data Holders

Dataholders for the Panajachel study site - Final list							
1 - SK Local/Municipal		2 - SK provincial or national		3 - Own calculations		4 - Scientist interview or scientific literature	
1	Plant operator	1	AMSCLAE interviews	1	Sampling and analysis	1	UVG - CEA
2	Plant manager	2	AMSCLAE reports	2	Calculations	2	Consultant UNU-FLORES
3	DIGAM Environmental office (oficina municipal del medio ambiente)	3	INE			3	ERIS Regional School of Sanitary Engineering (Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos)
4	Reports, monographs, other documentation published by municipality	4	MARN - Ministry of Environment and Natural Resources (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales)			4	USAC University San Carlos of Guatemala (Universidad de San Carlos de Guatemala)
5	DGP - Planning authority at the municipality	5	Ministry of Health			5	Puravida
6	Municipal Water Office (Oficina Municipal de Agua)	6	MAGA - Ministry of Agriculture and Livestock (Ministerio de agricultura y ganadería)			6	Vivamos mejor
		7	National Institute for Statistics) Instituto Nacional de Estadística				
		8	Energuate				

Dataholders for the Tepeji study site - Final list									
1 - SK Local/Municipal		2 - SK provincial or national		3 - Own calculations		4 - Scientist interview or scientific literature		5 - NGO interview or report	
1	CAAMTROH director	1	CONAGUA at state capital Pachuca	1	Sampling and analysis	1		1	
2	CAAMTROH/ Field personnel	2	CONAGUA central office Mexico City	2	Calculations			2	
3	Ecología Directorate of municipality	3	INEGI National Institute of Statistic and Geography (Instituto Nacional de Estadística y Geografía)					3	
4	FIAVHI director	4						4	
5	FIAVHI technical staff	5						5	
6	Plant operator	6						6	
7	Urban development office at the municipality								
8	Owner of agricultural field who will receive treated	7							

Annex 7: Lists of Data Items and Variables

a. Data Items and Variables for Sustainability Assessment (Panajachel)

This table discloses the data items and latter variables defined to perform sustainability assessment in Panajachel

TE: Technical-Environmental; E: Economic; S: Social; WW: Wastewater; TWW: Treated wastewater						
Dimension	Data Items			Variables		
	No.	Code (ID)	Name	Code (ID)	Name	No.
TE	1	A0.001	Technology used	TE1A	Technology used	1
TE	2	A0.005	Number of people served	TE2A	Number of people served	2
TE	3	B0.001	Design inflow	TE3B	Design inflow	3
TE	4	B0.002	Volume waste water input	TE4B	Volume waste water input	4
TE	5	B0.005	Average plant capacity utilization	TE5B	Average plant capacity utilization	5
TE	6	B0.006	Volumetric Efficiency	TE6B	Volumetric Efficiency	6
TE	7	B1.001	Temperature - WW	TE7B	Temperature - WW	7
TE	8	B1.002	Biological Oxygen Demand (BOD) - WW	TE8B	Biological Oxygen Demand (BOD) - WW	8
TE	9	B1.003	Chemical Oxygen Demand (COD) - WW	TE9B	Chemical Oxygen Demand (COD) - WW	9
TE	10	B1.004	Total Nitrogen - WW	TE10B	Total Nitrogen - WW	10
TE	11	B1.008	Total Phosphorus - WW	TE11B	Total Phosphorus - WW	11
TE	12	B1.015	Faecal coliforms - WW	TE12B	Faecal coliforms - WW	12
TE	13	B1.016	E. coli - WW	TE13B	E. coli - WW	13
TE	14	B1.021	Total Suspended Solids (TSS) - WW	TE14B	Total Suspended Solids (TSS) - WW	14
TE	15	B1.023	pH - WW	TE15B	pH - WW	15
TE	16	B2.001	Raw materials used	TE16B	Raw materials used	16
TE	17	B2.003	Total energy consumed	TE17B	Total energy consumed	17
TE	18	C0.001	Total volume Treated Water produced	TE18C	Total volume Treated Water produced	18
TE	19	C1.001	Temperature - TWW	TE19C	Temperature - TWW	19
TE	20	C1.002	Biological Oxygen Demand (BOD) - TWW	TE20C	Biological Oxygen Demand (BOD) - TWW	20
TE	21	C1.003	Chemical Oxygen Demand (COD) - TWW	TE21C	Chemical Oxygen Demand (COD) - TWW	21
TE	22	C1.004	Total Nitrogen - TWW	TE22C	Total Nitrogen - TWW	22
TE	23	C1.008	Total Phosphorus - TWW	TE23C	Total Phosphorus - TWW	23
TE	24	C1.015	Faecal coliforms - TWW	TE24C	Faecal coliforms - TWW	24
TE	25	C1.016	E. coli - TWW	TE25C	E. coli - TWW	25
TE	26	C1.017	Helminths - TWW	TE26C	Helminths - TWW	26
TE	27	C1.019	Organic Matter - TWW	TE27C	Organic Matter - TWW	27
TE	28	C1.021	Sedimentable solids - TWW	TE28C	Sedimentable solids - TWW	28
TE	29	C1.022	Total Suspended Solids (TSS) - TWW	TE29C	Total Suspended Solids (TSS) - TWW	29
TE	30	C1.023	Turbidity - TWW	TE30C	Turbidity - TWW	30
TE	31	C1.024	pH - TWW	TE31C	pH - TWW	31
TE	32	C1.025	Aluminium (Al) - TWW	TE32C	Aluminium (Al) - TWW	32
TE	33	C1.026	Arsenic (As) - TWW	TE33C	Arsenic (As) - TWW	33

Dimension	Data Items			Variables		
	No.	Code (ID)	Name	Code (ID)	Name	No.
TE	34	C1.027	Cadmium (Cd) - TWW	TE34C	Cadmium (Cd) - TWW	34
TE	35	C1.028	Cyanide (CN) - TWW	TE35C	Cyanide (CN) - TWW	35
TE	36	C1.029	Cobalt (Co) - TWW	TE36C	Cobalt (Co) - TWW	36
TE	37	C1.030	Chromium (Cr) - TWW	TE37C	Chromium (Cr) - TWW	37
TE	38	C1.031	Copper (Cu) - TWW	TE38C	Copper (Cu) - TWW	38
TE	39	C1.032	Iron (Fe) - TWW	TE39C	Iron (Fe) - TWW	39
TE	40	C1.033	Manganese (Mn) - TWW	TE40C	Manganese (Mn) - TWW	40
TE	41	C1.034	Nickel (Ni) - TWW	TE41C	Nickel (Ni) - TWW	41
TE	42	C1.035	Titanium (Ti) - TWW	TE42C	Titanium (Ti) - TWW	42
TE	43	C1.036	Zinc (Zn) - TWW	TE43C	Zinc (Zn) - TWW	43
TE	44	C1.037	Mercury (Hg) - TWW	TE44C	Mercury (Hg) - TWW	44
TE	45	C1.038	Lead (Pb) - TWW	TE45C	Lead (Pb) - TWW	45
TE	46	C1.039	Selenium (Se) - TWW	TE46C	Selenium (Se) - TWW	46
TE	47	C1.040	Boron (B) - TWW	TE47C	Boron (B) - TWW	47
TE	48	C1.041	Molybdenum (Mo) - TWW	TE48C	Molybdenum (Mo) - TWW	48
TE	49	C1.043	Grease and oils - TWW	TE49C	Grease and oils - TWW	49
TE	50	C1.044	Floating matter - TWW	TE50C	Floating matter - TWW	50
TE	51	C1.045	Colour - TWW	TE51C	Colour - TWW	51
TE	52	C2.001	Percentage of wastewater output being recycled or reused	TE52C	Water reuse	52
TE	53	C3.001	Total Sludge produced yearly	TE53C	Total Sludge produced yearly	53
TE	54	C3.002	Aluminium (Al) - Sludge	TE54C	Aluminium (Al) - Sludge	54
TE	55	C3.003	Arsenic (As) - Sludge	TE55C	Arsenic (As) - Sludge	55
TE	56	C3.004	Cadmium (Cd) - Sludge	TE56C	Cadmium (Cd) - Sludge	56
TE	57	C3.005	Cobalt (Co) - Sludge	TE57C	Cobalt (Co) - Sludge	57
TE	58	C3.006	Chromium (Cr) - Sludge	TE58C	Chromium (Cr) - Sludge	58
TE	59	C3.007	Copper (Cu) - Sludge	TE59C	Copper (Cu) - Sludge	59
TE	60	C3.008	Iron (Fe) - Sludge	TE60C	Iron (Fe) - Sludge	60
TE	61	C3.009	Manganese (Mn) - Sludge	TE61C	Manganese (Mn) - Sludge	61
TE	62	C3.010	Nickel (Ni) - Sludge	TE62C	Nickel (Ni) - Sludge	62
TE	63	C3.011	Titanium (Ti) - Sludge	TE63C	Titanium (Ti) - Sludge	63
TE	64	C3.012	Zinc (Zn) - Sludge	TE64C	Zinc (Zn) - Sludge	64
TE	65	C3.013	Mercury (Hg) - Sludge	TE65C	Mercury (Hg) - Sludge	65
TE	66	C3.014	Lead (Pb) - Sludge	TE66C	Lead (Pb) - Sludge	66
TE	67	C3.015	Selenium (Se) - Sludge	TE67C	Selenium (Se) - Sludge	67
TE	68	C3.016	Boron (B) - Sludge	TE68C	Boron (B) - Sludge	68
TE	69	C3.017	Molybdenum (Mo) - Sludge	TE69C	Molybdenum (Mo) - Sludge	69
TE	70	C3.030	Calorific value - Sludge	TE70C	Calorific value - Sludge	70
TE	71	C3.031	Helminths - Sludge	TE71C	Helminths - Sludge	71
TE	72	C3.032	Total coliforms - Sludge	TE72C	Total coliforms - Sludge	72
TE	73	C3.033	E. coli - Sludge	TE73C	E. coli - Sludge	73
TE	74	C3.034	Salmonella - Sludge	TE74C	Salmonella - Sludge	74

Dimension	Data Items			Variables		
	No.	Code (ID)	Name	Code (ID)	Name	No.
TE	75	C3.035	Organic Matter - Sludge	TE75C	Organic Matter - Sludge	75
TE	76	C4.001	Scope of sludge management	TE76C	Scope of sludge management	76
TE	77	C4.002	Current use/management of sludge	TE77C	Current use/management of sludge	77
TE	78	C4.004	Potential sludge users	TE78C	Identification of potential sludge consumers/users	78
TE	79	C5.001	Total Biogas production	TE79C	Total Biogas production	79
TE	80	C5.005	GHG emissions	TE80C	Quantification of GHG emissions	80
TE	81	D0.001	Number of operators	TE81D	Number of operators	81
TE	82	D0.003	Employee/inhabitant ratio	TE82D	Employee/inhabitant ratio	82
TE	83	D1.001	Existence Operation manual	TE83D	Operation Manual	83
TE	84	D1.002	Regularity of maintenance	TE84D	Regular maintenance	84
TE	85	D2.001	Capacity sufficiency	TE85D	Capacity sufficiency	85
TE	86	D2.003	Accessible Sampling and processing equipment	TE86D	Accessible Sampling and processing equipment	86
TE	87	D3.001	Discharge standards compliance	TE87D	Discharge standards compliance	87
TE	88	D3.002	Analysis frequency compliance	TE88D	Analysis frequency compliance - water	88
				TE89D	Analysis frequency compliance - sludge	89
TE	89	D3.003	Certification	TE90D	Certification	90
TE	90	E0.001	Has a health risk assessment related to waste water been performed at the site?	TE91D	Health risk assessment	91
TE	91	E0.002	Are health risks being managed?	TE92E	Current management of health risks	92
TE	92	E0.003	Do the operators have the necessary health and safety equipment?	TE93E	Health and safety equipment	93
TE	93	E1.001	Has a risk assessment been performed at the facility?	TE94E	Performance of risk assessment	94
TE	94	E1.002	Are risks being managed?	TE95E	Current management of risks	95
TE	95	E1.003	Has an environmental impact study relating wastewater with ecosystem health been performed at the site?	TE96E	Environmental impact assessment (EIA)	96
TE	96	E1.004	What efforts are being made to reduce or manage environmental impacts?	TE97E	Efforts to reduce or manage environmental impacts	97
TE	97	E1.005	Presence or risk of groundwater pollution	TE98E	Presence or risk of groundwater pollution	98
TE	98	E1.006	Presence or risk of surface water pollution	TE99E	Presence or risk of surface water pollution	99
E	99	A0.002	Cost per m3 of water treated	Ec1A	Specific WWT cost	100
E	100	A0.003	Cost per inhabitant served	Ec2A	Per capita cost of WWT	101

Dimension	Data Items			Variables		
	No.	Code (ID)	Name	Code (ID)	Name	No.
E	101	A0.006	Proportion of costs: maintenance and repairs	Ec3A	Proportion of costs: maintenance and repairs	102
E	102	A0.009	Proportion of costs: training, capacity building	Ec4A	Proportion of costs: training, capacity building	103
E	103	A1.001	Total plant income	Ec5A	Total plant income	104
E	104	A1.002	Real financial availability per inhabitant served	Ec6A	Real financial availability per inhabitant served	105
E	105	A1.003	Budget deficit	Ec7A	Budget deficit	106
E	106	A1.006	Valorisation of by products	Ec8A	Valorisation of by-products	107
S	107	B0.001	Personal interest in wastewater management problems	S1B	Personal interest in wastewater management problems	108
S	108	B0.002	Personal awareness of wastewater management problems	S2B	Personal awareness of wastewater management problems	109
S	109	B0.003	Willingness to be informed about the wastewater management problems	S3B	Willingness to be informed about the wastewater management problems	110
S	110	B0.004	Accessibility to information	S4B	Accessibility to information	111
S	111	B0.005	Possibilities for providing a recommendation	S5B	Possibilities for providing a recommendation	112
S	112	B0.006	Recommendations are taken into account?	S6B	Recommendations are taken into account?	113
S	113	B0.007	Willingness to participate in decision-making	S7B	Willingness to participate in decision-making	114
S	114	B0.008	Participative decision-making	S8B	Participative decision-making	115
S	115	B0.009	Personal acceptance of the current wastewater management	S9B	Personal acceptance of the current wastewater management	116
S	116	B0.010	Perception of social acceptance of the current wastewater management	S10B	Perception of social acceptance of the current wastewater management	117

b. Data Items and Variables for Sustainability Assessment (Tepeji)

This table discloses the data items and latter variables defined to perform sustainability assessment in Tepeji

TE: Technical-Environmental; **E:** Economic; **S:** Social

WW: Wastewater; **TWW:** Treated wastewater

Dimension	Data Items			Variables		
	No.	Code (ID)	Name	Code (ID)	Name	No.
TE	1	A0.001	Technology used	TE1A	Technology used	1
TE	2	A0.002	Construction year	TE2A	Construction year	2
TE	3	A0.005	Number of people served	TE3A	No. of people served	3
TE	4	B0.001	Design inflow	TE4B	Design inflow	4
TE	5	B0.002	Volume waste water input	TE5B	Volume waste water input	5
TE	6	B0.003	Average inflow (AF)	TE6B	Average inflow (AF)	6
TE	7	B0.005	Average plant capacity utilization	TE7B	Average plant capacity utilization	7
TE	8	B0.006	Volumetric Efficiency	TE8B	Volumetric Efficiency	8
TE	9	B1.001	Temperature - WW	TE9B	Temperature - WW	9
TE	10	B1.002	Biological Oxygen Demand (BOD) - WW	TE10B	Biological Oxygen Demand (BOD) - WW	10
TE	11	B1.003	Chemical Oxygen Demand (COD) - WW	TE11B	Chemical Oxygen Demand (COD) - WW	11
TE	12	B1.004	Total Nitrogen - WW	TE12B	Total Nitrogen - WW	12
TE	13	B1.008	Total Phosphorus - WW	TE13B	Total Phosphorus - WW	13
TE	14	B1.009	Potassium (K) - WW	TE14B	Potassium (K) WW	14
TE	15	B1.010	Calcium (Ca) - WW	TE15B	Calcium (Ca) WW	15
TE	16	B1.011	Magnesium (Mg) - WW	TE16B	Magnesium (Mg) WW	16
TE	17	B1.012	Sodium (Na) - WW	TE17B	Sodium (Na) WW	17
TE	18	B1.014	Electric conductivity - WW	TE18B	Electric conductivity - WW	18
TE	19	B1.015	Faecal coliforms - WW	TE19B	Faecal coliforms - WW	19
TE	20	B1.016	E. coli - WW	TE20B	E. coli - WW	20
TE	21	B1.021	Total Suspended Solids (TSS) - WW	TE21B	Total Suspended Solids (TSS) - WW	21
TE	22	B1.023	pH - WW	TE22B	pH - WW	22
TE	23	B1.025	Arsenic (As) - WW	TE23B	Arsenic (As) - WW	23
TE	24	B1.026	Cadmium (Cd) - WW	TE24B	Cadmium (Cd) - WW	24
TE	25	B1.028	Chromium (Cr) - WW	TE25B	Chromium (Cr) - WW	25
TE	26	B1.029	Copper (Cu) - WW	TE26B	Copper (Cu) - WW	26
TE	27	B1.030	Iron (Fe) - WW	TE27B	Iron (Fe) - WW	27
TE	28	B1.031	Manganese (Mn) - WW	TE28B	Manganese (Mn) - WW	28
TE	29	B1.032	Nickel (Ni) - WW	TE29B	Nickel (Ni) - WW	29
TE	30	B1.033	Titanium (Ti) - WW	TE30B	Titanium (Ti) - WW	30
TE	31	B1.034	Zinc (Zn) - WW	TE31B	Zinc (Zn) - WW	31
TE	32	B1.035	Mercury (Hg) - WW	TE32B	Mercury (Hg) - WW	32
TE	33	B1.036	Lead (Pb) - WW	TE33B	Lead (Pb) - WW	33
TE	34	B1.037	Selenium (Se) - WW	TE34B	Selenium (Se) - WW	34
TE	35	B1.038	Boron (B) - WW	TE35B	Boron (B) - WW	35

Dimension	Data Items			Variables		
	No.	Code (ID)	Name	Code (ID)	Name	No.
TE	36	B1.039	Molybdenum (Mo) - WW	TE36B	Molybdenum (Mo) - WW	36
TE	37	B1.040	Residual chlorine - WW	TE37B	Residual chlorine - WW	37
TE	38	B1.041	Grease and oils - WW	TE38B	Grease and oils - WW	38
TE	39	B1.042	Floating matter - WW	TE39B	Floating matter - WW	39
TE	40	B1.043	Colour - WW	TE40B	Colour - WW	40
TE	41	B2.003	Total energy consumed	TE41B	Total energy consumed	41
TE	42	B2.004	Energy/m3 treated water	TE42B	Energy/m3 treated water	42
TE	43	C0.001	Total volume Treated Water produced	TE43C	Total volume Treated Water produced	43
TE	44	C1.001	Temperature - TWW	TE44C	Temperature - TWW	44
TE	45	C1.002	Biological Oxygen Demand (BOD) - TWW	TE45C	Biological Oxygen Demand (BOD) - TWW	45
TE	46	C1.003	Chemical Oxygen Demand (COD) - TWW	TE46C	Chemical Oxygen Demand (COD) - TWW	46
TE	47	C1.004	Total Nitrogen - TWW	TE47C	Total Nitrogen - TWW	47
TE	48	C1.006	Nitrates - TWW	TE48C	Nitrates - TWW	48
TE	49	C1.007	Nitrites - TWW	TE49C	Nitrites - TWW	49
TE	50	C1.008	Total Phosphorus - TWW	TE50C	Total Phosphorus - TWW	50
TE	51	C1.009	Potassium (K) - TWW	TE51C	Potassium (K) - TWW	51
TE	52	C1.010	Calcium (Ca) - TWW	TE52C	Calcium (Ca) - TWW	52
TE	53	C1.011	Magnesium (Mg) - TWW	TE53C	Magnesium (Mg) - TWW	53
TE	54	C1.012	Sodium (Na) - TWW	TE54C	Sodium (Na) - TWW	54
TE	55	C1.014	Electric conductivity - TWW	TE55C	Electric conductivity - TWW	55
TE	56	C1.015	Faecal coliforms - TWW	TE56C	Faecal coliforms - TWW	56
TE	57	C1.016	E. coli - TWW	TE57C	E. coli - TWW	57
TE	58	C1.017	Helminths - TWW	TE58C	Helminths - TWW	58
TE	59	C1.021	Sedimentable solids - TWW	TE59C	Sedimentable solids - TWW	59
TE	60	C1.022	Total Suspended Solids (TSS) - TWW	TE60C	Total Suspended Solids (TSS) - TWW	60
TE	61	C1.024	pH - TWW	TE61C	pH - TWW	61
TE	62	C1.026	Arsenic (As) - TWW	TE62C	Arsenic (As) - TWW	62
TE	63	C1.027	Cadmium (Cd) - TWW	TE63C	Cadmium (Cd) - TWW	63
TE	64	C1.028	Cyanide (CN) - TWW	TE64C	Cyanide (CN) - TWW	64
TE	65	C1.030	Chromium (Cr) - TWW	TE65C	Chromium (Cr) - TWW	65
TE	66	C1.031	Copper (Cu) - TWW	TE66C	Copper (Cu) - TWW	66
TE	67	C1.034	Nickel (Ni) - TWW	TE67C	Nickel (Ni) - TWW	67
TE	68	C1.036	Zinc (Zn) - TWW	TE68C	Zinc (Zn) - TWW	68
TE	69	C1.037	Mercury (Hg) - TWW	TE69C	Mercury (Hg) - TWW	69
TE	70	C1.038	Lead (Pb) - TWW	TE70C	Lead (Pb) - TWW	70
TE	71	C1.043	Grease and oils - TWW	TE71C	Grease and oils - TWW	71
TE	72	C1.044	Floating matter - TWW	TE72C	Floating matter - TWW	72
TE	73	C1.045	Colour - TWW	TE73C	Colour - TWW	73
TE	74	C2.001	Percentage of wastewater output being recycled or reused	TE74C	Water reuse	74

Dimension	Data Items			Variables		
	No.	Code (ID)	Name	Code (ID)	Name	No.
TE	75	C3.001	Total Sludge produced yearly	TE75C	Total sludge produced yearly	75
TE	76	C3.003	Arsenic (As) - Sludge	TE76C	Arsenic (As) - Sludge	76
TE	77	C3.004	Cadmium (Cd) - Sludge	TE77C	Cadmium (Cd) - Sludge	77
TE	78	C3.006	Chromium (Cr) - Sludge	TE78C	Chromium (Cr) - Sludge	78
TE	79	C3.007	Copper (Cu) - Sludge	TE79C	Copper (Cu) - Sludge	79
TE	80	C3.010	Nickel (Ni) - Sludge	TE80C	Nickel (Ni) - Sludge	80
TE	81	C3.012	Zinc (Zn) - Sludge	TE81C	Zinc (Zn) - Sludge	81
TE	82	C3.013	Mercury (Hg) - Sludge	TE82C	Mercury (Hg) - Sludge	82
TE	83	C3.014	Lead (Pb) - Sludge	TE83C	Lead (Pb) - Sludge	83
TE	84	C3.031	Helminths - Sludge	TE84C	Helminths - Sludge	84
TE	85	C3.032	Total coliforms - Sludge	TE85C	Total coliforms - Sludge	85
TE	86	C3.034	Salmonella - Sludge	TE86C	Salmonella - Sludge	86
TE	87	C4.001	Scope of sludge management	TE87C	Scope of sludge management	87
TE	88	C5.006	Are there complaints regarding odours?	TE88C	Odours	88
TE	89	C5.007	Strength of odour in the treated waste water	TE89C	Solid waste management	89
TE	90	C6.002	Solid waste sustainable management plan	TE90C	Employee/inhabitant ratio	90
TE	91	D0.003	Employee/inhabitant ratio	TE91C	Operation Manual	91
TE	92	D1.001	Existence Operation manual	TE92C	Regular Maintenance	92
TE	93	D1.002	Regularity of maintenance	TE93C	Capacity sufficiency	93
TE	94	D2.001	Capacity sufficiency	TE94C	Accessible Sampling and processing equipment	94
TE	95	D2.003	Accessible Sampling and processing equipment	TE95C	Discharge standards compliance	95
TE	96	D3.001	Discharge standards compliance	TE96C	Analysis frequency compliance - water	96
TE	97	D3.002	Analysis frequency compliance	TE97C	Analysis frequency compliance - sludge	97
TE	98	D3.003	Certification	TE98C	Certification	98
TE	99	E0.001	Has a health risk assessment related to waste water been performed at the site?	TE99C	Health risk assessment	99
TE	100	E0.002	Are health risks being managed?	TE100C	Current management of health risks	100
TE	101	E0.003	Do the operators have the necessary health and safety equipment?	TE101C	Health and safety equipment	101
TE	102	E1.001	Has a risk assessment been performed at the facility?	TE102C	Performance of risk assessment	102
TE	103	E1.002	Are risks being managed?	TE103C	Current management of risks	103
TE	104	E1.003	Has an environmental impact study relating wastewater with ecosystem health been performed at the site?	TE104C	Environmental impact assessment (EIA)	104

Dimension	Data Items			Variables		
	No.	Code (ID)	Name	Code (ID)	Name	No.
TE	105	E1.004	What efforts are being made to reduce or manage environmental impacts?	TE105C	Efforts to reduce or manage environmental impacts	105
TE	106	E1.005	Presence or risk of groundwater pollution	TE106C	Presence or risk of groundwater pollution	106
TE	107	E1.006	Presence or risk of surface water pollution	TE107C	Presence or risk of surface water pollution	107
Ec	108	A0.002	Cost per m3 of water treated	Ec1A	Specific WWT cost	108
Ec	109	A0.003	Cost per inhabitant served	Ec2A	Per capita cost of WWT	109
Ec	110	A0.009	Proportion of costs: training, capacity building	Ec3A	Proportion of costs: training, capacity building	110
Ec	111	A1.001	Total plant income	Ec4A	Total plant income	111
Ec	112	A1.002	Real financial availability per inhabitant served	Ec5A	Real financial availability per inhabitant served	112
Ec	113	A1.003	Budget deficit	Ec6A	Budget deficit	113
Ec	114	A1.006	Valorisation of by products	Ec7A	Valorisation of by-products	114
S	115	B0.001	Personal interest in wastewater management problems	S1B	Personal interest in wastewater management problems	115
S	116	B0.002	Personal awareness of wastewater management problems	S2B	Personal awareness of wastewater management problems	116
S	117	B0.003	Willingness to be informed about the wastewater management problems	S3B	Willingness to be informed about the wastewater management problems	117
S	118	B0.004	Accessibility to information	S4B	Accessibility to information	118
S	119	B0.005	Possibilities for providing a recommendation	S5B	Possibilities for providing a recommendation	119
S	120	B0.006	Recommendations are taken into account?	S6B	Recommendations are taken into account?	120
S	121	B0.007	Willingness to participate in decision-making	S7B	Willingness to participate in decision-making	121
S	122	B0.008	Participative decision-making	S8B	Participative decision-making	122
S	123	B0.009	Personal acceptance of the current wastewater management	S9B	Personal acceptance of the current wastewater management	123
S	124	B0.010	Perception of social acceptance of the current wastewater management	S10B	Perception of social acceptance of the current wastewater management	124

Annex 8: Lists of Variables and Thresholds

a. Variables and Thresholds (Panajachel)

This table discloses the variables identified to perform sustainability assessment in Panajachel (column "variable"). The column "threshold found" indicates whether a threshold is existing for each of those variables. Only variables with identified thresholds were finally used for the sustainability assessment at the site.

		No threshold found	TE: Technical-Environmental		WW: Wastewater	
		Not applicable	E: Economic		TWW: Treated wastewater	
		Threshold found	S: Social			
No.	Dimension	Category	Code (ID)	Variable	Unit	Threshold found?
1	TE	General	TE1A	Technology used	-	
2	TE	General	TE2A	Number of people served	-	
3	TE	Inputs WW	TE3B	Design inflow	-	
4	TE	Inputs WW	TE4B	Volume waste water input	-	
5	TE	Inputs WW	TE5B	Average plant capacity utilization	-	
6	TE	Inputs WW	TE6B	Volumetric Efficiency	%	
7	TE	Inputs WW	TE7B	Temperature - WW	°C	
8	TE	Inputs WW	TE8B	Biological Oxygen Demand (BOD) - WW	mg/l	
9	TE	Inputs WW	TE9B	Chemical Oxygen Demand (COD) - WW	mg/l	
10	TE	Inputs WW	TE10B	Total Nitrogen - WW	mg/l	
11	TE	Inputs WW	TE11B	Total Phosphorus - WW	mg/l	
12	TE	Inputs WW	TE12B	Faecal coliforms - WW	MPN/100 ml	
13	TE	Inputs WW	TE13B	E. coli - WW	MPN/100 ml	
14	TE	Inputs WW	TE14B	Total Suspended Solids (TSS) - WW	mg/l	
15	TE	Inputs WW	TE15B	pH - WW	pH unit	
16	TE	Inputs	TE16B	Raw materials used	-	
17	TE	Inputs	TE17B	Total energy consumed	-	
18	TE	Outputs TWW	TE18C	Total volume Treated Water produced	-	
19	TE	Outputs TWW	TE19C	Temperature - TWW	°C	
20	TE	Outputs TWW	TE20C	Biological Oxygen Demand (BOD) - TWW	mg/l	
21	TE	Outputs TWW	TE21C	Chemical Oxygen Demand (COD) - TWW	mg/l	
22	TE	Outputs TWW	TE22C	Total Nitrogen - TWW	mg/l	
23	TE	Outputs TWW	TE23C	Total Phosphorus - TWW	mg/l	
24	TE	Outputs TWW	TE24C	Faecal coliforms - TWW	MPN/100ml	
25	TE	Outputs TWW	TE25C	E. coli - TWW	-	
26	TE	Outputs TWW	TE26C	Helminths - TWW	-	
27	TE	Outputs TWW	TE27C	Organic Matter - TWW	-	
28	TE	Outputs TWW	TE28C	Sedimentable solids - TWW	-	
29	TE	Outputs TWW	TE29C	Total Suspended Solids (TSS) - TWW	mg/l	
30	TE	Outputs TWW	TE30C	Turbidity - TWW	-	
31	TE	Outputs TWW	TE31C	pH - TWW	pH units	
32	TE	Outputs TWW	TE32C	Aluminium (Al) - TWW	mg/l	
33	TE	Outputs TWW	TE33C	Arsenic (As) - TWW	mg/l	
34	TE	Outputs TWW	TE34C	Cadmium (Cd) - TWW	mg/l	
35	TE	Outputs TWW	TE35C	Cyanide (CN) - TWW	-	
36	TE	Outputs TWW	TE36C	Cobalt (Co) - TWW	-	
37	TE	Outputs TWW	TE37C	Chromium (Cr) - TWW	mg/l	
38	TE	Outputs TWW	TE38C	Copper (Cu) - TWW	mg/l	
39	TE	Outputs TWW	TE39C	Iron (Fe) - TWW	-	
40	TE	Outputs TWW	TE40C	Manganese (Mn) - TWW	-	
41	TE	Outputs TWW	TE41C	Nickel (Ni) - TWW	mg/l	

No.	Dimension	Category	Code (ID)	Variable	Unit	Threshold found?
42	TE	Outputs TWW	TE42C	Titanium (Ti) - TWW	-	
43	TE	Outputs TWW	TE43C	Zinc (Zn) - TWW	mg/l	
44	TE	Outputs TWW	TE44C	Mercury (Hg) - TWW	mg/l	
45	TE	Outputs TWW	TE45C	Lead (Pb) - TWW	mg/l	
46	TE	Outputs TWW	TE46C	Selenium (Se) - TWW	-	
47	TE	Outputs TWW	TE47C	Boron (B) - TWW	-	
48	TE	Outputs TWW	TE48C	Molybdenum (Mo) - TWW	-	
49	TE	Outputs TWW	TE49C	Grease and oils - TWW	mg/l	
50	TE	Outputs TWW	TE50C	Floating matter - TWW	Present - Absent	
51	TE	Outputs TWW	TE51C	Colour - TWW	PCU	
52	TE	Outputs TWW	TE52C	Water reuse	YES - NO	
53	TE	Outputs Sludge	TE53C	Total Sludge produced yearly	m3	
54	TE	Outputs Sludge	TE54C	Aluminium (Al) - Sludge	-	
55	TE	Outputs Sludge	TE55C	Arsenic (As) - Sludge	mg/kg dry matter (104 °C)	
56	TE	Outputs Sludge	TE56C	Cadmium (Cd) - Sludge	mg/kg dry matter (104 °C)	
57	TE	Outputs Sludge	TE57C	Cobalt (Co) - Sludge	mg/kg dry matter (104 °C)	
58	TE	Outputs Sludge	TE58C	Chromium (Cr) - Sludge	mg/kg dry matter (104 °C)	
59	TE	Outputs Sludge	TE59C	Copper (Cu) - Sludge	mg/kg (dry weight)	
60	TE	Outputs Sludge	TE60C	Iron (Fe) - Sludge	mg/kg dry matter (104 °C)	
61	TE	Outputs Sludge	TE61C	Manganese (Mn) - Sludge	mg/kg dry matter (104 °C)	
62	TE	Outputs Sludge	TE62C	Nickel (Ni) - Sludge	mg/kg (dry weight)	
63	TE	Outputs Sludge	TE63C	Titanium (Ti) - Sludge	-	
64	TE	Outputs Sludge	TE64C	Zinc (Zn) - Sludge	mg/kg (dry weight)	
65	TE	Outputs Sludge	TE65C	Mercury (Hg) - Sludge	mg/kg dry matter (104 °C)	
66	TE	Outputs Sludge	TE66C	Lead (Pb) - Sludge	mg/kg dry matter (104 °C)	
67	TE	Outputs Sludge	TE67C	Selenium (Se) - Sludge	-	
68	TE	Outputs Sludge	TE68C	Boron (B) - Sludge	mg/kg dry matter (104 °C)	
69	TE	Outputs Sludge	TE69C	Molybdenum (Mo) - Sludge	-	
70	TE	Outputs Sludge	TE70C	Calorific value - Sludge	-	
71	TE	Outputs Sludge	TE71C	Helminths - Sludge	egg/g (dry weight)	
72	TE	Outputs Sludge	TE72C	Total coliforms - Sludge	MPN/g (dry weight)	
73	TE	Outputs Sludge	TE73C	E. coli - Sludge	-	
74	TE	Outputs Sludge	TE74C	Salmonella - Sludge	-	
75	TE	Outputs Sludge	TE75C	Organic Matter - Sludge	-	
76	TE	Outputs Sludge	TE76C	Scope of sludge management	%	
77	TE	Outputs Sludge	TE77C	Current use/management of sludge	-	
78	TE	Outputs Sludge	TE78C	Identification of potential sludge consumers/users	YES - NO	
79	TE	Outputs	TE79C	Total Biogas production	-	
80	TE	Outputs	TE80C	Quantification of GHG emissions	YES - NO	
81	TE	Management	TE81D	Number of operators	-	
82	TE	Management	TE82D	Employee/inhabitant ratio	-	

No.	Dimension	Category	Code (ID)	Variable	Unit	Threshold found?
83	TE	Management	TE83D	Operation Manual	YES - NO	
84	TE	Management	TE84D	Regular maintenance	YES - NO	
85	TE	Management	TE85D	Capacity sufficiency	YES - NO	
86	TE	Management	TE86D	Accessible Sampling and processing equipment	YES - NO	
87	TE	Management	TE87D	Discharge standards compliance	YES - NO	
88	TE	Management	TE88D	Analysis frequency compliance - water	samples/year	
89	TE	Management	TE89D	Analysis frequency compliance - sludge	samples/year	
90	TE	Management	TE90D	Certification	YES - NO	
91	TE	Risk	TE91D	Health risk assessment	YES - NO	
92	TE	Risk	TE92E	Current management of health risks	YES - NO	
93	TE	Risk	TE93E	Health and safety equipment	YES - NO	
94	TE	Risk	TE94E	Performance of risk assessment	YES - NO	
95	TE	Risk	TE95E	Current management of risks	YES - NO	
96	TE	Risk	TE96E	Environmental impact assessment (EIA)	YES - NO	
97	TE	Risk	TE97E	Efforts to reduce or manage environmental impacts	YES - NO	
98	TE	Risk	TE98E	Presence or risk of groundwater pollution	YES - NO	
99	TE	Risk	TE99E	Presence or risk of surface water pollution	YES - NO	
100	E		Ec1A	Specific WWT cost	EUR/m3 of TWW	
101	E		Ec2A	Per capita cost of WWT	USD/hab/year	
102	E		Ec3A	Proportion of costs: maintenance and repairs	%	
103	E		Ec4A	Proportion of costs: training, capacity building	%	
104	E		Ec5A	Total plant income	USD	
105	E		Ec6A	Real financial availability per inhabitant served	USD/hab	
106	E		Ec7A	Budget deficit	YES - NO	
107	E		Ec8A	Valorisation of by-products	YES - NO	
108	S		S1B	Personal interest in wastewater management problems	scale 1 - 4	
109	S		S2B	Personal awareness of wastewater management problems	scale 1 - 4	
110	S		S3B	Willingness to be informed about the wastewater management problems	scale 1 - 4	
111	S		S4B	Accessibility to information	scale 1 - 4	
112	S		S5B	Possibilities for providing a recommendation	scale 1 - 4	
113	S		S6B	Recommendations are taken into account?	scale 1 - 4	
114	S		S7B	Willingness to participate in decision-making	scale 1 - 4	
115	S		S8B	Participative decision-making	scale 1 - 4	
116	S		S9B	Personal acceptance of the current wastewater management	scale 1 - 4	
117	S		S10B	Perception of social acceptance of the current wastewater management	scale 1 - 4	

b. Variables and Thresholds (Tepeji)

This table discloses the variables identified to perform sustainability assessment in Tepeji (column "variable"). The column "threshold found" indicates whether a threshold is existing for each of those variables. Only variables with identified thresholds were finally used for the sustainability assessment at the site.

		No threshold found	TE: Technical-Environmental		WW: Wastewater		
		Not applicable	E: Economic		TWW: Treated wastewater		
		Threshold found	S: Social				
No. Dimension		Category	Code (ID)		Variable	Unit	Threshold found?
1	TE	General	TE1A	Technology used		-	
2	TE	General	TE2A	Construction year		-	
3	TE	General	TE3A	No. of people served		-	
4	TE	Inputs WW	TE4B	Design inflow		l/s	
5	TE	Inputs WW	TE5B	Volume waste water input		m3/year	
6	TE	Inputs WW	TE6B	Average inflow (AF)		l/s	
7	TE	Inputs WW	TE7B	Average plant capacity utilization		%	
8	TE	Inputs WW	TE8B	Volumetric Efficiency		%	
9	TE	Inputs WW	TE9B	Temperature - WW		°C	
10	TE	Inputs WW	TE10B	Biological Oxygen Demand (BOD) - WW		mg/l	
11	TE	Inputs WW	TE11B	Chemical Oxygen Demand (COD) - WW		mg/l	
12	TE	Inputs WW	TE12B	Total Nitrogen - WW		mg/l	
13	TE	Inputs WW	TE13B	Total Phosphorus - WW		mg/l	
14	TE	Inputs WW	TE14B	Potassium (K) WW		meq/l	
15	TE	Inputs WW	TE15B	Calcium (Ca) WW		meq/l	
16	TE	Inputs WW	TE16B	Magnesium (Mg) WW		meq/l	
17	TE	Inputs WW	TE17B	Sodium (Na) WW		meq/l	
18	TE	Inputs WW	TE18B	Electric conductivity - WW		dS/m	
19	TE	Inputs WW	TE19B	Faecal coliforms - WW		MPN/100ml	
20	TE	Inputs WW	TE20B	E. coli - WW		MPN/100ml or CFU	
21	TE	Inputs WW	TE21B	Total Suspended Solids (TSS) - WW		mg/l	
22	TE	Inputs WW	TE22B	pH - WW		pH unit	
23	TE	Inputs WW	TE23B	Arsenic (As) - WW		mg/l	
24	TE	Inputs WW	TE24B	Cadmium (Cd) - WW		mg/l	
25	TE	Inputs WW	TE25B	Chromium (Cr) - WW		mg/l	
26	TE	Inputs WW	TE26B	Copper (Cu) - WW		mg/l	
27	TE	Inputs WW	TE27B	Iron (Fe) - WW		mg/l	
28	TE	Inputs WW	TE28B	Manganese (Mn) - WW		mg/l	
29	TE	Inputs WW	TE29B	Nickel (Ni) - WW		mg/l	
30	TE	Inputs WW	TE30B	Titanium (Ti) - WW		mg/l	
31	TE	Inputs WW	TE31B	Zinc (Zn) - WW		mg/l	
32	TE	Inputs WW	TE32B	Mercury (Hg) - WW		mg/l	
33	TE	Inputs WW	TE33B	Lead (Pb) - WW		mg/l	
34	TE	Inputs WW	TE34B	Selenium (Se) - WW		mg/l	
35	TE	Inputs WW	TE35B	Boron (B) - WW		mg/l	
36	TE	Inputs WW	TE36B	Molybdenum (Mo) - WW		mg/l	
37	TE	Inputs WW	TE37B	Residual chlorine - WW		mg/l	
38	TE	Inputs WW	TE38B	Grease and oils - WW		mg/l	
39	TE	Inputs WW	TE39B	Floating matter - WW		Absent - Present	
40	TE	Inputs WW	TE40B	Colour - WW		PCU	
41	TE	Inputs	TE41B	Total energy consumed		kWh	
42	TE	Inputs	TE42B	Energy/m3 treated water		kWh/m3	
43	TE	Outputs TWW	TE43C	Total volume Treated Water produced		m3/year	
44	TE	Outputs TWW	TE44C	Temperature - TWW		-	
45	TE	Outputs TWW	TE45C	Biological Oxygen Demand (BOD) - TWW		mg/l	

No.	Dimension	Category	Code (ID)	Variable	Unit	Threshold found?
46	TE	Outputs TWW	TE46C	Chemical Oxygen Demand (COD) - TWW	mg/l	
47	TE	Outputs TWW	TE47C	Total Nitrogen - TWW	mg/l	
48	TE	Outputs TWW	TE48C	Nitrates - TWW	mg/l	
49	TE	Outputs TWW	TE49C	Nitrites - TWW	mg/l	
50	TE	Outputs TWW	TE50C	Total Phosphorus - TWW	mg/l	
51	TE	Outputs TWW	TE51C	Potassium (K) - TWW	meq/l	
52	TE	Outputs TWW	TE52C	Calcium (Ca) - TWW	meq/l	
53	TE	Outputs TWW	TE53C	Magnesium (Mg) - TWW	meq/l	
54	TE	Outputs TWW	TE54C	Sodium (Na) - TWW	meq/l	
55	TE	Outputs TWW	TE55C	Electric conductivity - TWW	µS/cm	
56	TE	Outputs TWW	TE56C	Faecal coliforms - TWW	MPN/100ml	
57	TE	Outputs TWW	TE57C	E. coli - TWW	-	
58	TE	Outputs TWW	TE58C	Helminths - TWW	egg/l	
59	TE	Outputs TWW	TE59C	Sedimentable solids - TWW	-	
60	TE	Outputs TWW	TE60C	Total Suspended Solids (TSS) - TWW	mg/l	
61	TE	Outputs TWW	TE61C	pH - TWW	pH units	
62	TE	Outputs TWW	TE62C	Arsenic (As) - TWW	mg/l	
63	TE	Outputs TWW	TE63C	Cadmium (Cd) - TWW	mg/l	
64	TE	Outputs TWW	TE64C	Cyanide (CN) - TWW	mg/l	
65	TE	Outputs TWW	TE65C	Chromium (Cr) - TWW	mg/l	
66	TE	Outputs TWW	TE66C	Copper (Cu) - TWW	mg/l	
67	TE	Outputs TWW	TE67C	Nickel (Ni) - TWW	mg/l	
68	TE	Outputs TWW	TE68C	Zinc (Zn) - TWW	mg/l	
69	TE	Outputs TWW	TE69C	Mercury (Hg) - TWW	mg/l	
70	TE	Outputs TWW	TE70C	Lead (Pb) - TWW	mg/l	
71	TE	Outputs TWW	TE71C	Grease and oils - TWW	mg/l	
72	TE	Outputs TWW	TE72C	Floating matter - TWW	Absent - Present	
73	TE	Outputs TWW	TE73C	Colour - TWW	PCU	
74	TE	Outputs TWW	TE74C	Water reuse	%	
75	TE	Outputs Sludge	TE75C	Total sludge produced yearly	kg	
76	TE	Outputs Sludge	TE76C	Arsenic (As) - Sludge	mg/l	
77	TE	Outputs Sludge	TE77C	Cadmium (Cd) - Sludge	mg/l	
78	TE	Outputs Sludge	TE78C	Chromium (Cr) - Sludge	mg/l	
79	TE	Outputs Sludge	TE79C	Copper (Cu) - Sludge	mg/l	
80	TE	Outputs Sludge	TE80C	Nickel (Ni) - Sludge	mg/l	
81	TE	Outputs Sludge	TE81C	Zinc (Zn) - Sludge	mg/l	
82	TE	Outputs Sludge	TE82C	Mercury (Hg) - Sludge	mg/l	
83	TE	Outputs Sludge	TE83C	Lead (Pb) - Sludge	mg/l	
84	TE	Outputs Sludge	TE84C	Helminths - Sludge	egg/l	
85	TE	Outputs Sludge	TE85C	Total coliforms - Sludge	MPN/100ml	
86	TE	Outputs Sludge	TE86C	Salmonella - Sludge	MPN/100ml	
87	TE	Outputs	TE87C	Scope of sludge management	%	
88	TE	Outputs	TE88C	Odours	YES - NO	
89	TE	Outputs	TE89C	Solid waste management	-	
90	TE	Management	TE90C	Employee/inhabitant ratio	-	
91	TE	Management	TE91C	Operation Manual	YES - NO	
92	TE	Management	TE92C	Regular Maintenance	YES - NO	
93	TE	Management	TE93C	Capacity sufficiency	YES - NO	
94	TE	Management	TE94C	Accessible Sampling and processing equipment	YES - NO	
95	TE	Management	TE95C	Discharge standards compliance	YES - NO	
96	TE	Management	TE96C	Analysis frequency compliance - water	YES - NO	
97	TE	Management	TE97C	Analysis frequency compliance - sludge	NA	
98	TE	Management	TE98C	Certification	YES - NO	
99	TE	Risk	TE99C	Health risk assessment	YES - NO	

No.	Dimension	Category	Code (ID)	Variable	Unit	Threshold found?
100	TE	Risk	TE100C	Current management of health risks	YES - NO	
101	TE	Risk	TE101C	Health and safety equipment	YES - NO	
102	TE	Risk	TE102C	Performance of risk assessment	YES - NO	
103	TE	Risk	TE103C	Current management of risks	YES - NO	
104	TE	Risk	TE104C	Environmental impact assessment (EIA)	YES - NO	
105	TE	Risk	TE105C	Efforts to reduce or manage environmental impacts	YES - NO	
106	TE	Risk	TE106C	Presence or risk of groundwater pollution	YES - NO	
107	TE	Risk	TE107C	Presence or risk of surface water pollution	YES - NO	
108	E		Ec1A	Specific WWT cost	EUR/m3 of TWW	
109	E		Ec2A	Per capita cost of WWT	USD/hab/year	
110	E		Ec3A	Proportion of costs: training, capacity building	%	
111	E		Ec4A	Total plant income	USD	
112	E		Ec5A	Real financial availability per inhabitant served	USD/hab	
113	E		Ec6A	Budget deficit	YES - NO	
114	E		Ec7A	Valorisation of by-products	YES - NO	
115	S		S1B	Personal interest in wastewater management problems	scale 1 - 4	
116	S		S2B	Personal awareness of wastewater management problems	scale 1 - 4	
117	S		S3B	Willingness to be informed about the wastewater management problems	scale 1 - 4	
118	S		S4B	Accessibility to information	scale 1 - 4	
119	S		S5B	Possibilities for providing a recommendation	scale 1 - 4	
120	S		S6B	Recommendations are taken into account?	scale 1 - 4	
121	S		S7B	Willingness to participate in decision-making	scale 1 - 4	
122	S		S8B	Participative decision-making	scale 1 - 4	
123	S		S9B	Personal acceptance of the current wastewater management	scale 1 - 4	
124	S		S10B	Perception of social acceptance of the current wastewater management	scale 1 - 4	

Annex 9: Threshold Values

a. Threshold Values (Panajachel)

This table indicates the values and sources of the thresholds used in the sustainability assessment.

Gt: Guatemala; Mx: Mexico; ST-team: SludgeTec team WHO (2006): Guidelines for SUWA - Vol 2							
No. Code (ID)	Variable	Unit	Threshold value	Source	Red	Yellow	Green
1 TE7B	Temperature - WW	°C	40	AG 12-2011 Art. 14 (p.10) Gt	>44	>40 and ≤44	≤40
2 TE8B	Biological Oxygen Demand (BOD) - WW	mg/l	100	AG 12-2011 Art. 14 (p.10) Gt	>110	>100 and ≤110	≤100
3 TE9B	Chemical Oxygen Demand (COD) - WW	mg/l	200	AG 12-2011 Art. 14 (p.10) Gt	>220	>200 and ≤220	≤200
4 TE10B	Total Nitrogen - WW	mg/l	20	AG 12-2011 Art. 14 (p.10) Gt	>22	>20 and ≤22	≤20
5 TE11B	Total Phosphorus - WW	mg/l	10	AG 12-2011 Art. 14 (p.10) Gt	>11	>10 and ≤11	≤10
6 TE12B	Faecal coliforms - WW	MPN/100 ml	100,000	AG 12-2011 Art. 14 (p.10) Gt	>110000	>100000 and ≤110000	≤100000
7 TE14B	Total Suspended Solids (TSS) - WW	mg/l	125	AG 12-2011 Art. 14 (p.10) Gt	>137.5	>125 and ≤137.5	≤125
8 TE15B	pH - WW	pH unit	between 6-9	AG 12-2011 Art. 14 (p.10) Gt	<6 and >9	-	≥6 and ≤9
9 TE19C	Temperature - TWW	°C	TRWB ±3	AG 12-2011 Art. 11 (p.7) Gt	<20 and >26	-	≥20 and ≤26
10 TE20C	Biological Oxygen Demand (BOD) - TWW	mg/l	30	AG 12-2011 Art. 11 (p.7) Gt	>33	>30 and ≤33	≤30
11 TE21C	Chemical Oxygen Demand (COD) - TWW	mg/l	60	AG 12-2011 Art. 11 (p.7) Gt	>66	>60 and ≤66	≤60
12 TE22C	Total Nitrogen - TWW	mg/l	5	AG 12-2011 Art. 11 (p.7) Gt	>5.5	>5 and ≤5.5	≤5
13 TE23C	Total Phosphorus - TWW	mg/l	3	AG 12-2011 Art. 11 (p.7) Gt	>3.3	>3 and ≤3.3	≤3
14 TE24C	Faecal coliforms - TWW	MPN/100ml	500	AG 12-2011 Art. 11 (p.7) Gt	>550	>500 and ≤550	≤500
15 TE26C	Helminths - TWW	-	5	NOM-003-SEMARNAT-1997 Mx	>5.5	>5 and ≤5.5	≤5
16 TE29C	Total Suspended Solids (TSS) - TWW	mg/l	40	AG 12-2011 Art. 11 (p.7) Gt	>44	>40 and ≤44	≤40
17 TE31C	pH - TWW	pH units	between 6-9	AG 12-2011 Art. 11 (p.7) Gt	<6 and >9	-	≥6 and ≤9
18 TE33C	Arsenic (As) - TWW	mg/l	0.1	AG 12-2011 Art. 11 (p.10) Gt	>0.11	>0.1 and ≤0.11	≤0.1
19 TE34C	Cadmium (Cd) - TWW	mg/l	0.1	AG 12-2011 Art. 11 (p.10) Gt	>0.11	>0.1 and ≤0.11	≤0.1
20 TE37C	Chromium (Cr) - TWW	mg/l	0.1	AG 12-2011 Art. 11 (p.10) Gt	>0.11	>0.1 and ≤0.11	≤0.1
21 TE38C	Copper (Cu) - TWW	mg/l	0.5	AG 12-2011 Art. 11 (p.10) Gt	>0.55	>0.5 and ≤0.55	≤0.5
22 TE41C	Nickel (Ni) - TWW	mg/l	0.5	AG 12-2011 Art. 11 (p.10) Gt	>0.55	>0.5 and ≤0.55	≤0.5
23 TE43C	Zinc (Zn) - TWW	mg/l	1	AG 12-2011 Art. 11 (p.10) Gt	>1.1	>1 and ≤1.1	≤1
24 TE44C	Mercury (Hg) - TWW	mg/l	0.01	AG 12-2011 Art. 11 (p.10) Gt	>0.011	>0.01 and ≤0.01	≤0.01
25 TE45C	Lead (Pb) - TWW	mg/l	0.1	AG 12-2011 Art. 11 (p.10) Gt	>0.11	>0.1 and ≤0.11	≤0.1
26 TE49C	Grease and oils - TWW	mg/l	15	NOM-001-SEMARNAT-1996 (p.15) Mx	>16.5	>15 and ≤16.5	≤15
27 TE50C	Floating matter - TWW	Present - Absent	Present - Absent	AG 12-2011 Art. 11 (p.10) Gt	Present	-	Absent
28 TE51C	Colour - TWW	PCU	400	AG 12-2011 Art. 11 (p.10) Gt	>440	>400 and ≤440	≤400
29 TE52C	Water reuse	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES

No. Code (ID)		Variable	Unit	Threshold value	Source	Red	Yellow	Green
30	TE55C	Arsenic (As) - Sludge	mg/kg dry matter (104 °C)	50	AG 236-2006 para lodos - Application in soil Gt	>55	>50 and ≤55	≤50
31	TE56C	Cadmium (Cd) - Sludge	mg/kg dry matter (104 °C)	50	AG 236-2006 para lodos Gt	>55	>50 and ≤55	≤50
32	TE58C	Chromium (Cr) - Sludge	mg/kg dry matter (104 °C)	1500	AG 236-2006 para lodos Gt	>1650	>1500 and ≤1650	≤1500
33	TE59C	Copper (Cu) - Sludge	mg/kg (dry weight)	1500	NOM-004-SEMARNAT-2002 (p.6) - Excellent Biosolid Mx	>1650	>1500 and ≤1650	≤1500
34	TE62C	Nickel (Ni) - Sludge	mg/kg (dry weight)	420	NOM-004-SEMARNAT-2002 (p.6) - Excellent Biosolid Mx	>462	>420 and ≤462	≤420
35	TE64C	Zinc (Zn) - Sludge	mg/kg (dry weight)	2800	NOM-004-SEMARNAT-2002 (p.6) - Excellent Biosolid Mx	>3080	>2800 and ≤3080	≤2800
36	TE65C	Mercury (Hg) - Sludge	mg/kg dry matter (104 °C)	25	AG 236-2006 para lodos - Application in soil Gt	>27.5	>25 and ≤27.5	≤25
37	TE66C	Lead (Pb) - Sludge	mg/kg dry matter (104 °C)	500	AG 236-2006 para lodos - Application in soil Gt	>550	>500 and ≤550	≤500
38	TE71C	Helminths - Sludge	egg/g (dry weight)	10	NOM-004-SEMARNAT-2002 (p.6) Mx	>11	>10 and ≤11	≤10
39	TE72C	Total coliforms - Sludge	MPN/g (dry weight)	1000	NOM-004-SEMARNAT-2002 (p.6) Mx	>1100	>1000 and ≤1100	≤1000
40	TE74C	Salmonella - Sludge	-	300	NOM-004-SEMARNAT-2002 (p.6) Mx	>330	>300 and ≤330	≤300
41	TE76C	Scope of sludge management	%	100	ST team	<33.33	≥33.33 and <66.67	≥66.67 and ≤100
42	TE78C	Identification of potential sludge consumers/users	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
43	TE80C	Quantification of GHG emissions	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
44	TE83D	Operation Manual	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
45	TE84D	Regular maintenance	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
46	TE85D	Capacity sufficiency	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
47	TE86D	Accessible Sampling and processing equipment	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
48	TE87D	Discharge standards compliance	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
49	TE88D	Analysis frequency compliance - water	samples/year	2	AG 236-2006 para lodos Gt	<2	-	≥2
50	TE89D	Analysis frequency compliance - sludge	samples/year	2	AG 236-2006 para lodos Gt	<2	-	≥2
51	TE90D	Certification	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
52	TE91D	Health risk assessment	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
53	TE92E	Current management of health risks	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
54	TE93E	Health and safety equipment	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
55	TE94E	Performance of risk assessment	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
56	TE95E	Current management of risks	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES

No.	Code (ID)	Variable	Unit	Threshold value	Source	Red	Yellow	Green
57	TE96E	Environmental impact assessment (EIA)	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
58	TE97E	Efforts to reduce or manage environmental impacts	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
59	TE98E	Presence or risk of groundwater pollution	YES - NO	YES-NO	ST team	YES	-	NO
60	TE99E	Presence or risk of surface water pollution	YES - NO	YES-NO	ST team	YES	-	NO
61	Ec2A	Per capita cost of WWT	USD/hab/year	4-8	WHO	>8.8	>8 and ≤8.8	≤8
62	Ec7A	Budget deficit	YES - NO	YES-NO	ST team	YES	-	NO
63	Ec8A	Valorisation of by-products	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
64	S1B	Personal interest in wastewater management problems	scale 1 - 4	between 1-4	ST team	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4
65	S2B	Personal awareness of wastewater management problems	scale 1 - 4	between 1-4	ST team	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4
66	S3B	Willingness to be informed about the wastewater management problems	scale 1 - 4	between 1-4	ST team	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4
67	S4B	Accessibility to information	scale 1 - 4	between 1-4	ST team	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4
68	S5B	Possibilities for providing a recommendation	scale 1 - 4	between 1-4	ST team	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4
69	S9B	Personal acceptance of the current wastewater management	scale 1 - 4	between 1-4	ST team	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4
70	S10B	Perception of social acceptance of the current wastewater management	scale 1 - 4	between 1-4	ST team	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4

b. Threshold Values (Tepeji)

This table indicates the values and sources of the thresholds used in the sustainability assessment.

Gt: Guatemala; Mx: Mexico; ST-team: SludgeTec team WHO (2006): Guidelines for SUWA - Vol 2								
No.	Code (ID)	Variable	Unit	Threshold value	Source	Red	Yellow	Green
1	TE9B	Temperature - WW	°C	40	AG 236-2006 Art. 28 Gt	>44	>40 and ≤44	≤40
2	TE12B	Total Nitrogen - WW	mg/l	80	AG 236-2006 Art. 28 Gt	>88	>80 and ≤88	≤80
3	TE13B	Total Phosphorus - WW	mg/l	20	AG 236-2006 Art. 28 Gt	>22	>20 and ≤22	≤20
4	TE19B	Faecal coliforms - WW	MPN/100ml	10000	AG 236-2006 Art. 28 Gt	>1100	>1000 and ≤1100	≤1000
5	TE22B	pH - WW	pH unit	between 6-9	AG 236-2006 Art. 28 Gt	<6 and >9	-	≥6 and ≤9
6	TE23B	Arsenic (As) - WW	mg/l	0.5	NOM-002-SEMARNAT-1996 (p.41) Mx	>0.55	>0.5 and ≤0.55	≤0.5
7	TE24B	Cadmium (Cd) - WW	mg/l	0.5	NOM-002-SEMARNAT-1996 (p.41) Mx	>0.55	>0.5 and ≤0.55	≤0.5
8	TE25B	Chromium (Cr) - WW	mg/l	0.5	NOM-002-SEMARNAT-1996 (p.41) Mx	>0.55	>0.5 and ≤0.55	≤0.5
9	TE26B	Copper (Cu) - WW	mg/l	10	NOM-002-SEMARNAT-1996 (p.41) Mx	>11	>10 and ≤11	≤10
10	TE29B	Nickel (Ni) - WW	mg/l	4	NOM-002-SEMARNAT-1996 (p.41) Mx	>4.4	>4 and ≤4.4	≤4
11	TE31B	Zinc (Zn) - WW	mg/l	6	NOM-002-SEMARNAT-1996 (p.41) Mx	>6.6	>6 and ≤6.6	≤6
12	TE32B	Mercury (Hg) - WW	mg/l	0.01	NOM-002-SEMARNAT-1996 (p.41) Mx	>0.011	>0.01 and ≤0.01	≤0.01
13	TE33B	Lead (Pb) - WW	mg/l	1	NOM-002-SEMARNAT-1996 (p.41) Mx	>1.1	>1 and ≤1.1	≤1
14	TE38B	Grease and oils - WW	mg/l	50	NOM-002-SEMARNAT-1996 (p.41) Mx	>55	>50 and ≤55	≤50
15	TE39B	Floating matter - WW	Absent - Present	Absent	AG 236-2006 Art. 28 Gt	Present	-	Absent
16	TE40B	Colour - WW	PCU	500	AG 236-2006 Art. 28 Gt	>550	>500 and ≤550	≤500
17	TE47C	Total Nitrogen - TWW	mg/l	30	WHO	>33	>30 and ≤33	≤30
18	TE54C	Sodium (Na) - TWW	meq/l	9	WHO	>9.9	>9 and ≤9.9	≤9
19	TE55C	Electric conductivity - TWW	μS/cm	30	WHO	>33	>30 and ≤33	≤30
20	TE56C	Faecal coliforms - TWW	MPN/100ml	2000	NOM-001-SEMARNAT-1996 (p.14) Mx	>2200	>2000 and ≤2200	≤2000
21	TE58C	Helminths - TWW	egg/l	5	NOM-003-SEMARNAT-1997 Mx	>5.5	>5 and ≤5.5	≤5
22	TE60C	Total Suspended Solids (TSS) - TWW	mg/l	100	WHO	>110	>100 and ≤110	≤100
23	TE61C	pH - TWW	pH units	between 6.5-8	WHO	<6.5 and >8	-	≥6.5 and ≤8
24	TE62C	Arsenic (As) - TWW	mg/l	0.1	WHO	>0.11	>0.1 and ≤0.11	≤0.1
25	TE63C	Cadmium (Cd) - TWW	mg/l	0.01	WHO	>0.011	>0.01 and ≤0.01	≤0.01
26	TE64C	Cyanide (CN) - TWW	mg/l	2	NOM-001-SEMARNAT-1996 (p.14) Mx	>2.2	>2 and ≤2.2	≤2
27	TE65C	Chromium (Cr) - TWW	mg/l	0.1	WHO	>0.11	>0.1 and ≤0.11	≤0.1
28	TE66C	Copper (Cu) - TWW	mg/l	0.2	WHO	>0.11	>0.1 and ≤0.11	≤0.1
29	TE67C	Nickel (Ni) - TWW	mg/l	0.2	WHO	>0.11	>0.1 and ≤0.11	≤0.1
30	TE68C	Zinc (Zn) - TWW	mg/l	2	WHO	>2.2	>2 and ≤2.2	≤2
31	TE69C	Mercury (Hg) - TWW	mg/l	0.005	NOM-001-SEMARNAT-1996 (p.14) Mx	>0.0055	>0.01 and ≤0.01	≤0.01

No.	Code (ID)	Variable	Unit	Threshold value	Source	Red	Yellow	Green
32	TE70C	Lead (Pb) - TWW	mg/l	5	WHO	>5.5	>5 and ≤5.5	≤5
33	TE71C	Grease and oils - TWW	mg/l	15	NOM-001-SEMARNAT-1996 (p.14) Mx	>16.5	>15 and ≤16.5	≤15
34	TE72C	Floating matter - TWW	Absent - Present	Absent	NOM-001-SEMARNAT-1996 (p.14) Mx	Present	-	Absent
35	TE73C	Colour - TWW	PCU	400	AG 12-2011 Art. 11 (p.10) Gt	>440	>400 and ≤440	≤400
36	TE74C	Water reuse	%	between 0-100	ST team	<33.33	≥33.33 and <66.67	≥66.67 and ≤100
37	TE88C	Odours	YES - NO	YES-NO	ST team	YES	-	NO
38	TE89C	Solid waste management	-	YES-NO	ST team	NO	-	YES
39	TE91C	Operation Manual	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
40	TE92C	Regular Maintenance	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
41	TE93C	Capacity sufficiency	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
42	TE94C	Accessible Sampling and processing equipment	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
43	TE95C	Discharge standards compliance	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
44	TE96C	Analysis frequency compliance - water	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
45	TE98C	Certification	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
46	TE99C	Health risk assessment	YES - NO	YES-NO	ST team	0	-	-
47	TE100C	Current management of health risks	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
48	TE101C	Health and safety equipment	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
49	TE102C	Performance of risk assessment	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
50	TE103C	Current management of risks	YES - NO	YES-NO	ST team	0	-	-
51	TE104C	Environmental impact assessment (EIA)	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
52	TE105C	Efforts to reduce or manage environmental impacts	YES - NO	YES-NO	ST team	0	-	-
53	TE106C	Presence or risk of groundwater pollution	YES - NO	YES-NO	ST team	0	-	-
54	TE107C	Presence or risk of surface water pollution	YES - NO	YES-NO	ST team	YES	-	NO
55	Ec2A	Per capita cost of WWT	USD/hab/year	1-1.5	WHO	>8.8	>8 and ≤8.8	≤1.5
56	Ec6A	Budget deficit	YES - NO	YES-NO	ST team	YES	-	NO
57	Ec7A	Valorisation of by-products	YES - NO	YES-NO	ST team	NO	-	YES
58	S1B	Personal interest in wastewater management problems	scale 1 - 4	between 1-4	ST team	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4
59	S2B	Personal awareness of wastewater management problems	scale 1 - 4	between 1-4	ST team	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4
60	S3B	Willingness to be informed about the wastewater management problems	scale 1 - 4	between 1-4	ST team	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4
61	S4B	Accessibility to information	scale 1 - 4	between 1-4	ST team	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4
62	S5B	Possibilities for providing a recommendation	scale 1 - 4	between 1-4	ST team	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4
63	S9B	Personal acceptance of the current wastewater management	scale 1 - 4	between 1-4	ST team	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4
64	S10B	Perception of social acceptance of the current wastewater management	scale 1 - 4	between 1-4	ST team	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4

Annex 10: List of Stakeholders

a. List of Stakeholders (Panajachel)

No.	Institution	Stakeholder category
1	Municipalidad Panajachel	Municipality
2	Consejo Municipal	
3	Alcalde Panajachel	
4	Alcalde Sololá	
5	Muni San Andres Semetabaj	
6	Muni Concepción	
7	Jefatura de area	
8	DIGAM	
9	Codede Alcaldes Auxiliares	
10	Mesa técnica de agua	
11	Operador de la planta Panajachel	WWTP Operators
12	Operador de la planta Sololá	
13	Gerente de la planta Panajachel	WWTP Managers
14	Gerente de la planta Sololá	
15	Gerente de la planta Santa Cruz	
16	Food and Agiculture Organization of the United Nations (FAO)	International decision maker
17	Secretaria Técnica Cambio Climático (SGCC)	National decision makers
18	CONAP	
19	Diputado	
20	SEGEPLAN	
21	AMSCLAE	
22	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	
23	Ministerio de Salud	
24	Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca de Lago de Amatitlán (AMSA)	
25	Ministerio de Cultura	
26	Gobierno central	State decision makers
27	Gobernador	
28	Mankatitlan	
29	Cocodes	Community representative
30	Cocode anterior (hasta 4 años hasta Feb.18)	
31	Cocode nuevo (desde Feb.18)	
32	Consejo de ancianos y ancestrales	
33	ERIS USAC	National academia
34	Centros de Estudios Atitlán- Universidad del Valle	
35	Atitlab	
36	Cementos Progreso	Private sector
37	CMI Energía	
38	Comunidad	Local Community

No.	Institution	Stakeholder category
39	ANACAFE	NGO
40	Amigos del Lago	
41	Puravida	
42	Proyecto ProAtitlán	
43	Mayan Families	
44	Mujeres Mayas	
45	The Friendship Bridge	
46	Viviamos mejor	
47	Asociación Lancheros	Community associations
48	Asociación Hoteleros	
49	Asociación de Hospedaje	
50	Asociación de comerciales	
51	Asociación de Hoteleros	
52	Asociación de Tuc Tuc	
53	Asociación de Areneros	
54	Hotel Casa del Mundo	Others
55	Marvin Romero	
56	Directora de Mujeres Mayas	
57	Supervisión Educativa	
58	CAMTUR	
59	PAMI	
60	MFDeS	
61	Gobernación	
62	Juan Skinner (academic)	

b. List of Stakeholders (Tepeji)

No.	Institution	Stakeholder category
1	Presidencia Municipal	Municipality
2	Ecología	
3	Sanidad y Salud Municipal	
4	Secretario de obras publicas	
5	CAAMTROH	
6	Operator Tlaxi	WWTP Operators
7	Manager 1	WWTP Managers
8	Manager 2	
9	Comisión Estatal del Agua	State decision makers
10	CONAGUA	National decision makers
11	Delegado de Tlaxinacalpan	Community representative
12	Instituto de Geología, UNAM	National academia
13	Private companies	Privat sector
14	Ex- Delegado de Tlaxinacalpan	Local community
15	Patronato de fútbol	
16	Agropecuario	Others
17	FIAVHI	

c. Translation of Stakeholder List

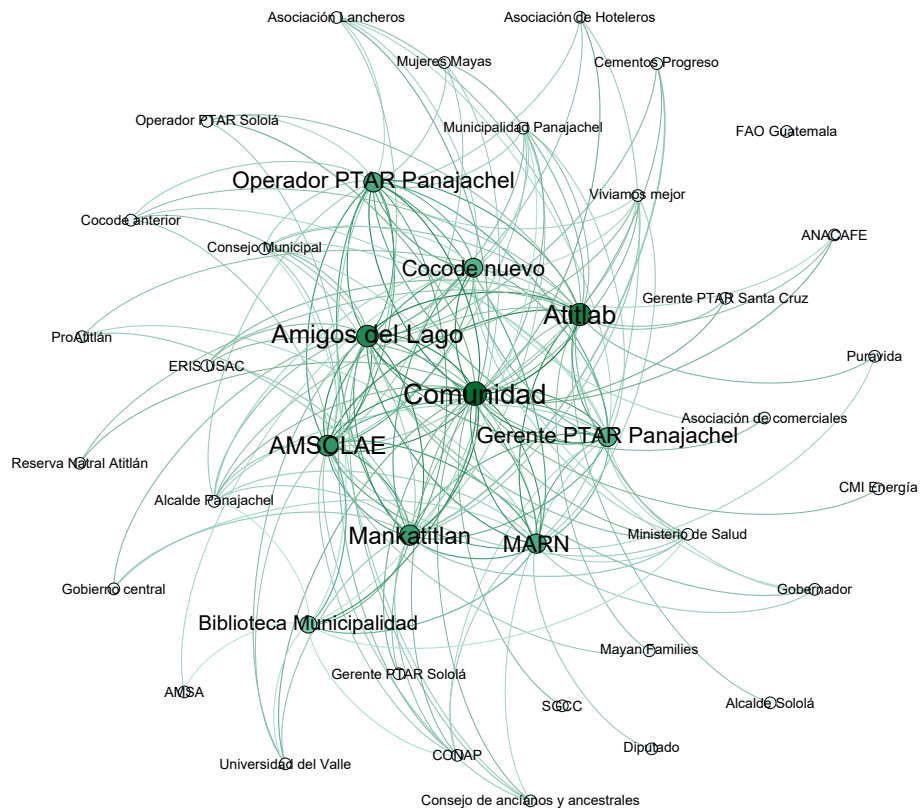
Stakeholders List Panajachel		
No.	Stakeholders (Spanish)	Stakeholders (English)
1	Alcalde Panajachel	Mayor of Panajachel
2	Alcalde Sololá	Mayor of Sololá
3	Amigos del Lago	
4	Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno	Authority for the Sustainable Management of the Atitlán Lake Basin and its Surroundings
5	Asociación Nacional del Café Guatemala	National Coffee Association of Guatemala
6	Asociación de Areneros	Association of Sandmen
7	Asociación de comerciantes	Association of Merchants
8	Asociación de Hospedaje	Association of Hosting
9	Asociación de Hoteleros	Association of Hoteliers
10	Asociación de Tuc-Tuc	Association of Tuc-Tuc
11	Asociación Lancheros	Association of Boatmen
12	Atitlab Laboratorio	Atitlab Laboratory
13	Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca de Lago de Amatitlán	Authority for the Sustainable Management of Amatitlán Lake Basin
14	Cámara del Turismo de Guatemala	Chamber of Tourism of Guatemala
15	Cementos Progreso	Progreso cement
16	Centros de Estudios Atitlán - Universidad del Valle	Study Centers Atitlán - Valley University
17	Corporación Multi Inversiones Energía	Multi Investment Energy Partnership
18	Consejos Comunitarios de Desarrollo Urbano y Rural, anterior (hasta 4 años hasta Feb.18)	Community Councils for Urban and Rural Development, previous (up to 4 years until Feb.18)
19	Consejos Comunitarios de Desarrollo Urbano y Rural, nuevo (desde Feb.18)	Community Councils for Urban and Rural Development, new (since Feb.18)
20	Consejos Comunitarios de Desarrollo Urbano y Rural Alcaldes Auxiliares	Community Councils for Urban and Rural Development Auxiliar Mayors
21	Comunidad	Community
22	Consejo Nacional de Áreas Protegidas	National Council of Protected Areas
23	Consejo de ancianos y ancestrales	Council of old men and ancestors
24	Consejo Municipal	Municipal Council
25	DIGAM	
26	Diputados	Deputies
27	Directora de Mujeres Mayas	Director of Mayan Women
28	ERIS Universidad de San Carlos de Guatemala	Eris University of San Carlos of Guatemala
29	Food and Agriculture Organization of the United Nations	
30	Gerente de la planta Panajachel	Manager of Panajachel wastewater treatment plant

No.	Stakeholders (Spanish)	Stakeholders (English)
31	Gerente de la planta Santa Cruz	Manager of Santa Cruz wastewater treatment plant
32	Gerente de la planta Sololá	Manager of Sololá wastewater treatment plant
33	Gobernación	Government
34	Gobernador	Governor
35	Gobierno central	Central Government
36	Hotel Casa del Mundo	Casa del Mundo hotel
37	Jefatura de area	Area headquarters
38	Juan Skinner (académico)	Juan Skinner (academic)
39	Mankatitlan	
40	Marvin Romero	
41	Mayan Families	
42	Mesa técnica de agua	Technical Table on Water
43	MFDDeS	
44	Ministerio de Cultura	Ministry of Culture
45	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales	Ministry of Environment and Natural Resources
46	Ministerio de Salud	Ministry of Health
47	Mujeres Mayas	Mayan Women
48	Municipalidad de Concepción	Municipality of Concepcion
49	Municipalidad de San Andrés Semetabaj	Municipality of San Andres Semetabaj
50	Municipalidad de Panajachel	Municipality of Panajachel
51	Operador de la planta Panajachel	Operator of the Panajachel plant
52	Operador de la planta Sololá	Operator of the Solola plant
53	Programa de Atención, Movilización e Incidencia por la Niñez y Adolescencia	Program for Attention, Mobilization and Advocacy for Children and Adolescents
54	Proyecto PROATITLÁN	PROATITLÁN project
55	Puravida	
56	Secretaría Técnica del Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático	Technical Secretary of the Guatemalan System of Climate Change Sciences
57	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia	Secretariat of Planning and Programming of the Presidency
58	Supervisión Educativa	Educational Supervision
59	The Friendship Bridge	
60	Vivamos mejor	

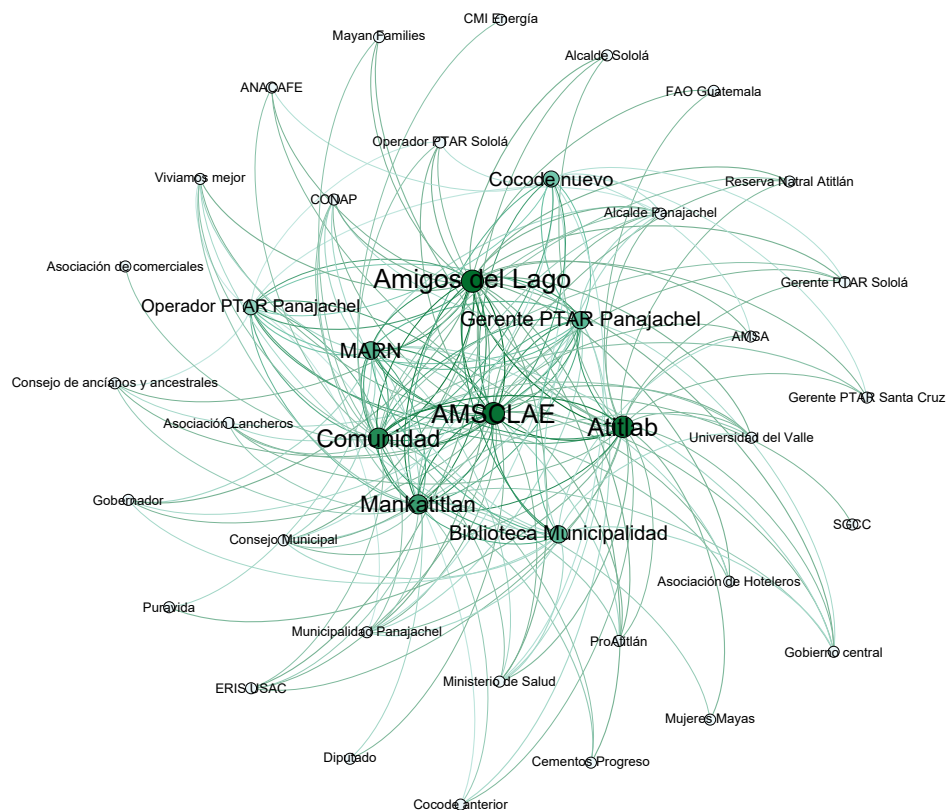
Stakeholders List Tepeji		
No.	Stakeholders (Spanish)	Stakeholders (English)
1	Agropecuario	Farming
2	Comisión de Agua y Alcantarillado del Municipio de Tepeji del Río de Ocampo, Hidalgo	Water and Sewage Commission of the Municipality of Tepeji del Río de Ocampo, Hidalgo
3	Comisión Estatal del Agua	State Water Commission
4	Comisión Nacional del Agua	National Water Commission
5	Delegado de Tlaxinalcalpan	Delegate of Tlaxinalcalpan
6	Ecología	Ecology
7	Ex-Delegado de Tlaxinalcalpan	Former Delegate of Tlaxinalcalpan
8	Fideicomiso de Infraestructura Ambiental de los Valles de Hidalgo	Environmental Infrastructure Trust of the Valleys of Hidalgo
9	Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México	Institute of geology, National Autonomous University of Mexico
10	Gerente 1	Manager 1
11	Gerente 2	Manager 2
12	Operador Tlaxinalcalpan	Operator Tlaxinalcalpan
13	Patronato de futbol	
14	Presidencia Municipal	Municipal Presidency
15	Compañías privadas	Private companies
16	Sanidad y Salud Municipal	Municipal Health and Sanitation
17	Secretario de Obras Públicas	Secretary of Public Works

Annex 11: Network Graphs

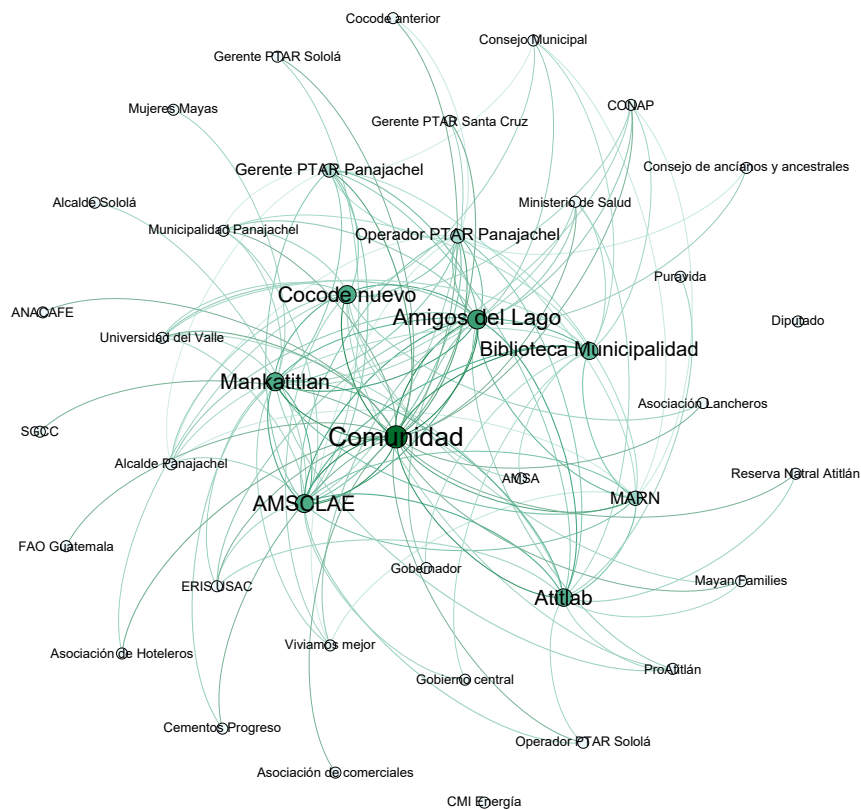
a. Network Graphs (Panajachel)



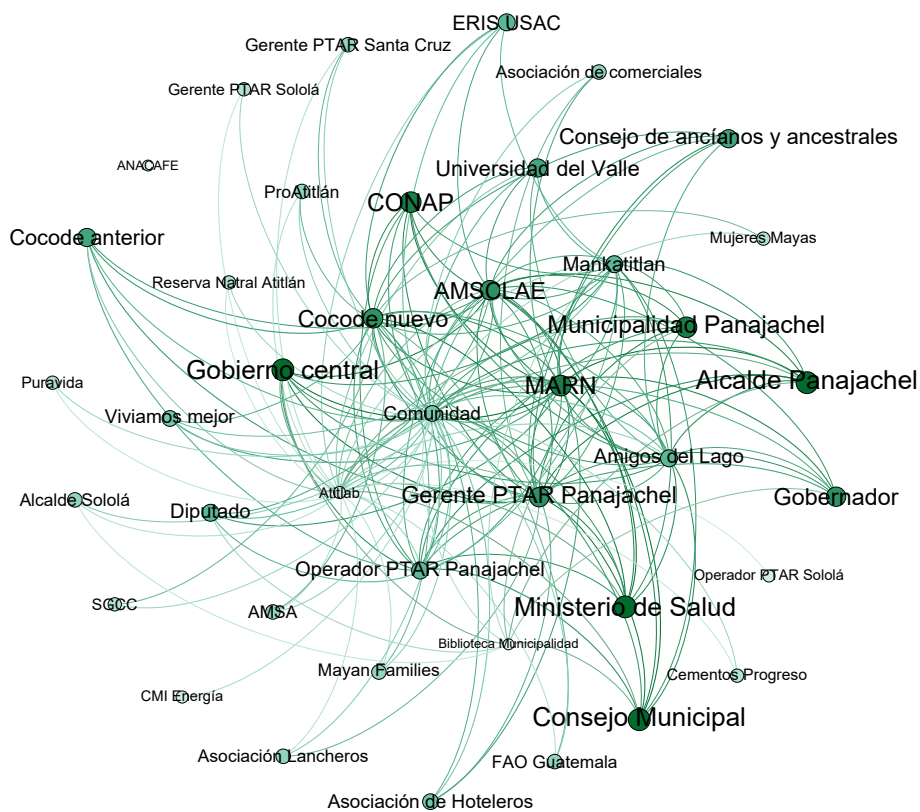
Social network on indegrees (Panajachel)



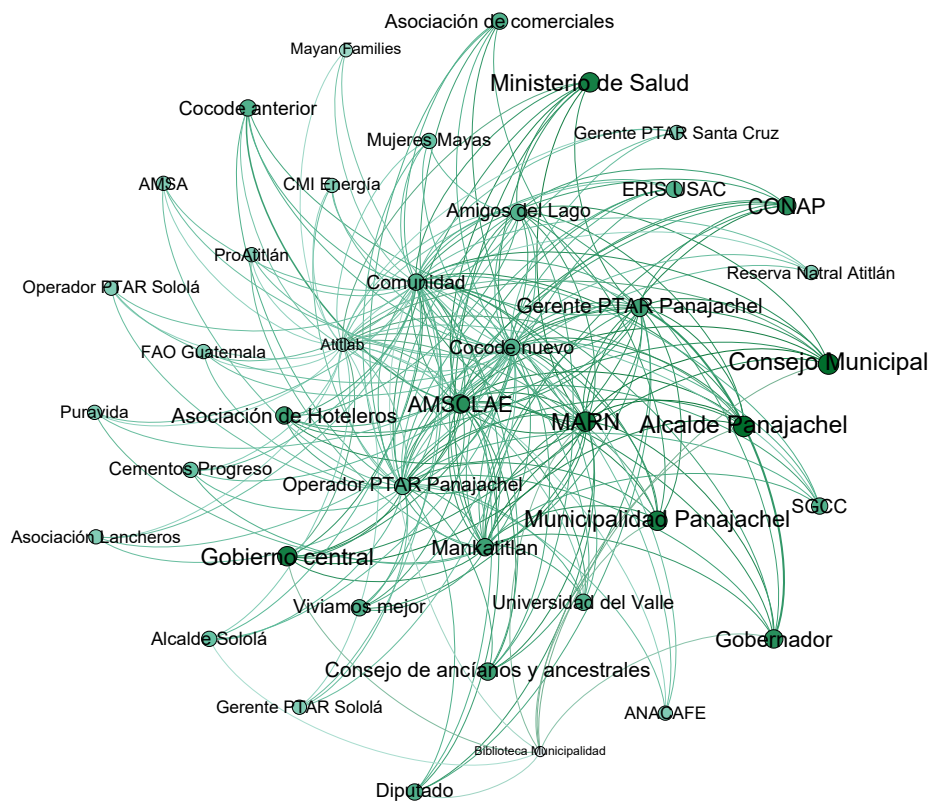
Social network on outdegrees (Panajachel)



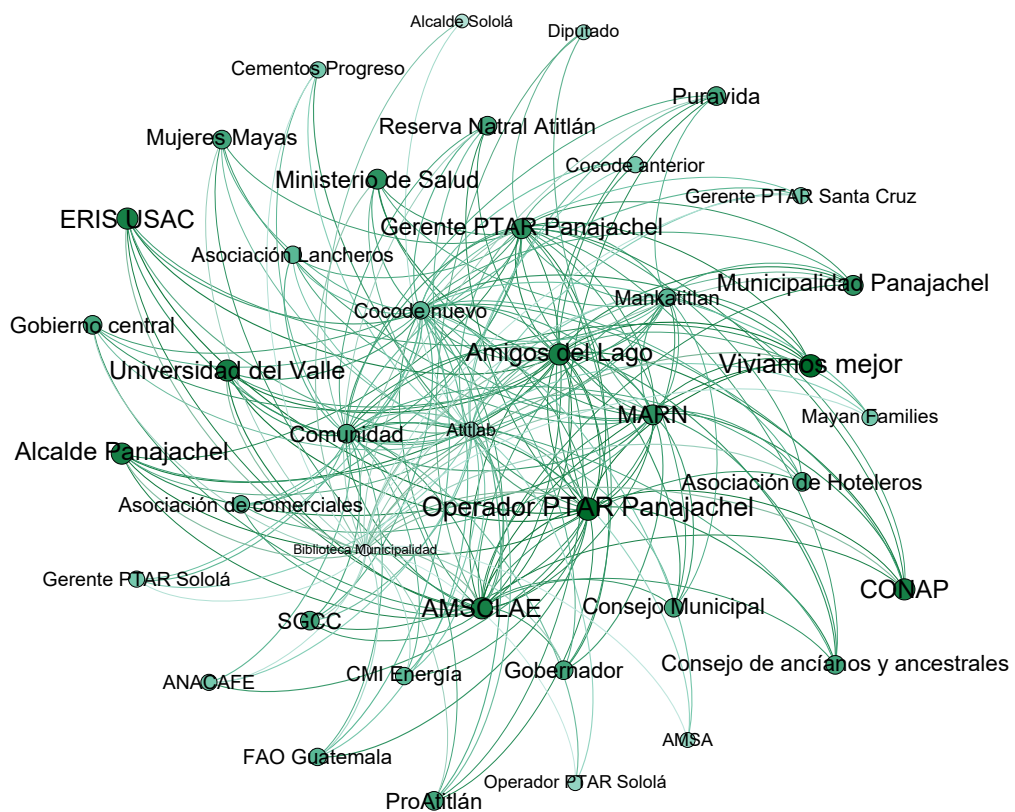
Social network on information sharing (Panajachel)



Social network on decision-making (Panajachel)

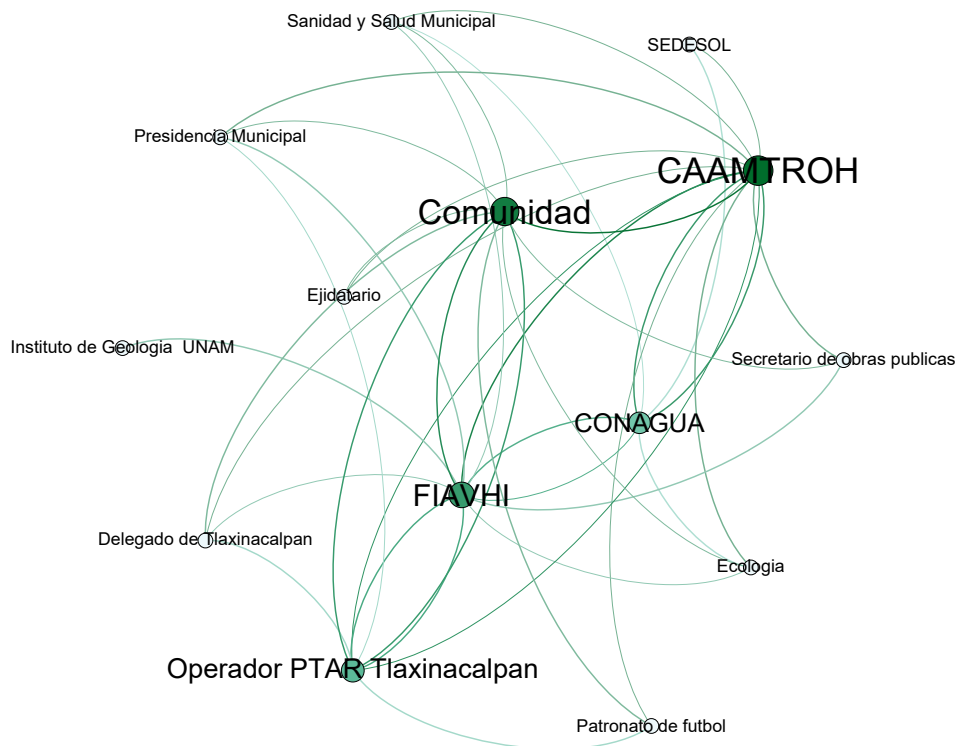


Social network on solution (Panajachel)

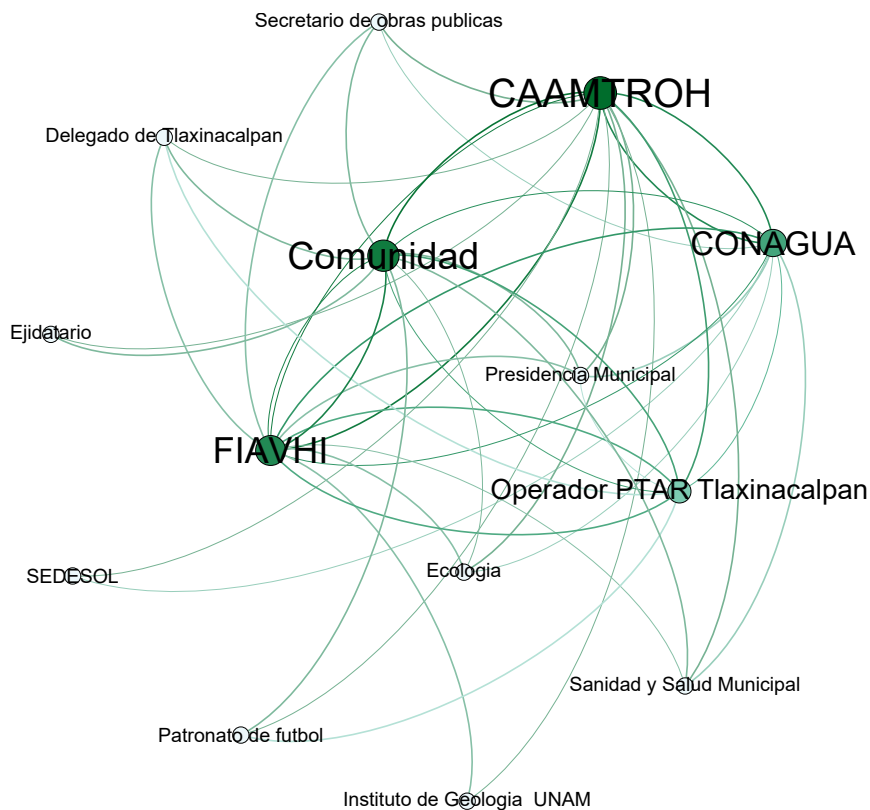


Social network on trust (Panajachel)

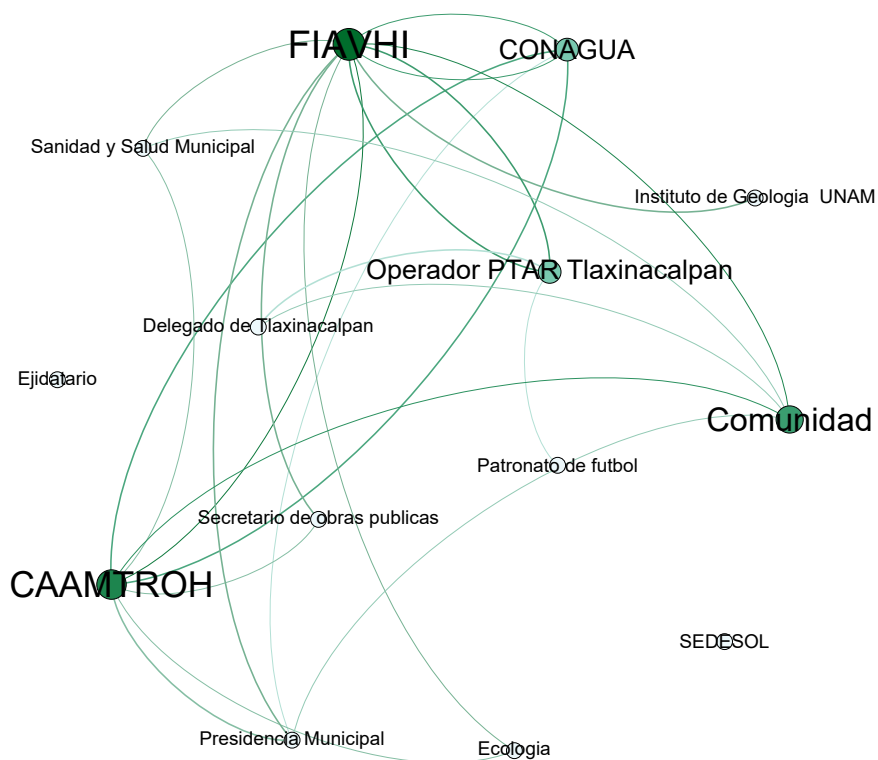
b. Network Graphs (Tepeji)



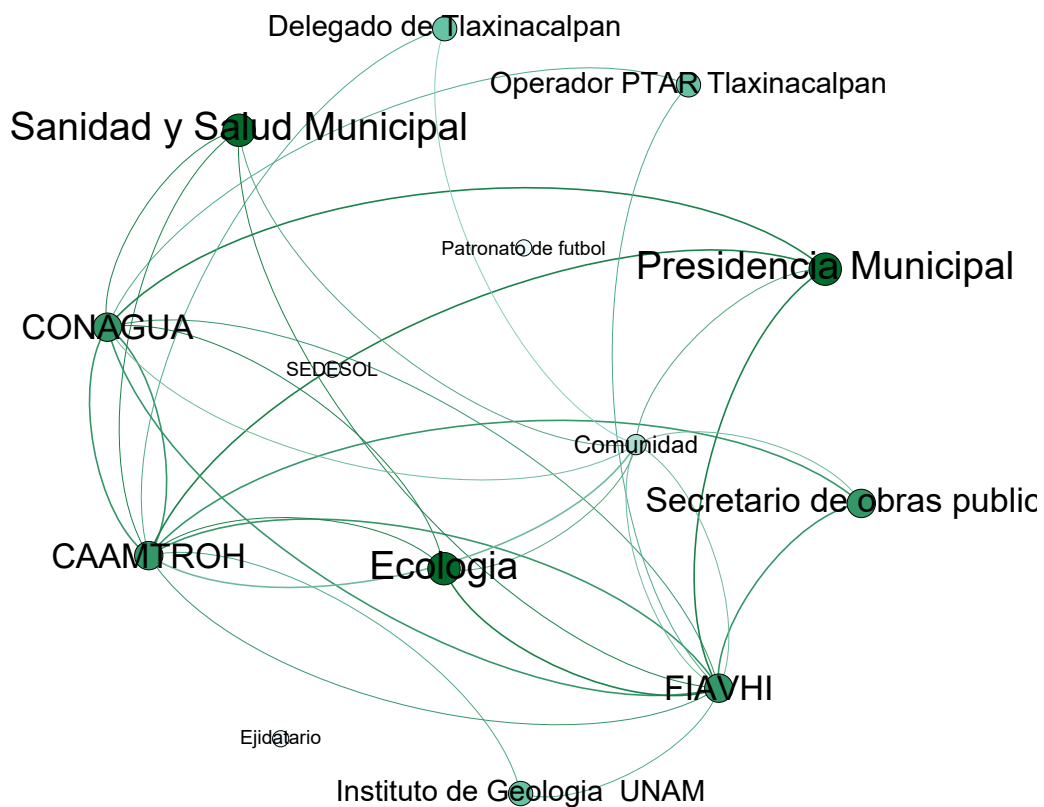
Social network on indegrees (Tepeji)



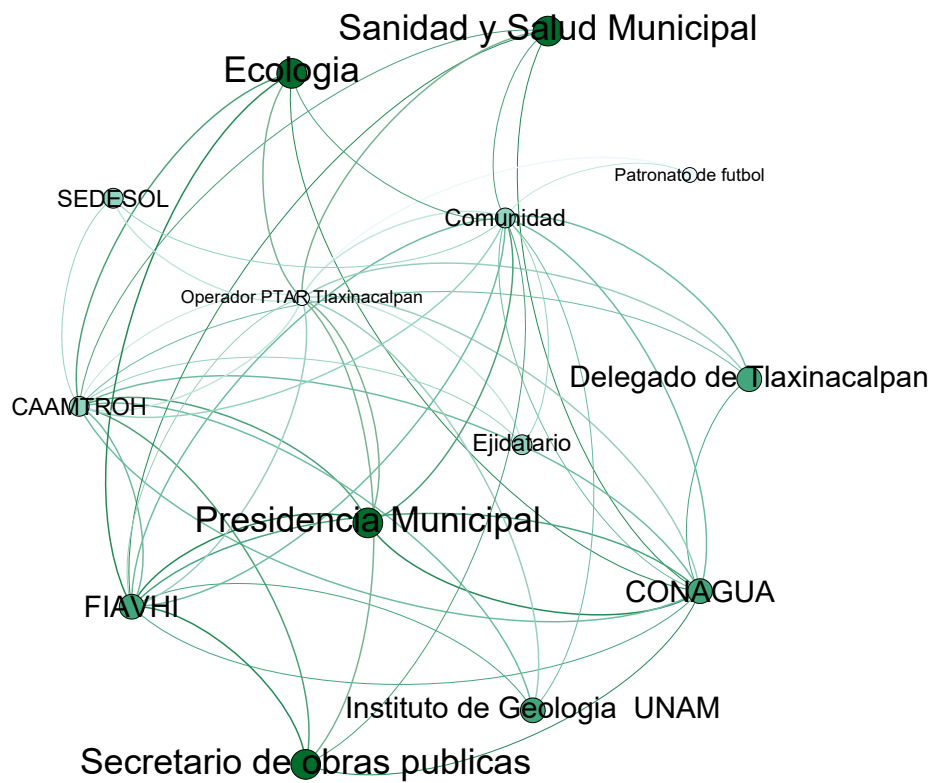
Social network on outdegrees (Tepeji)



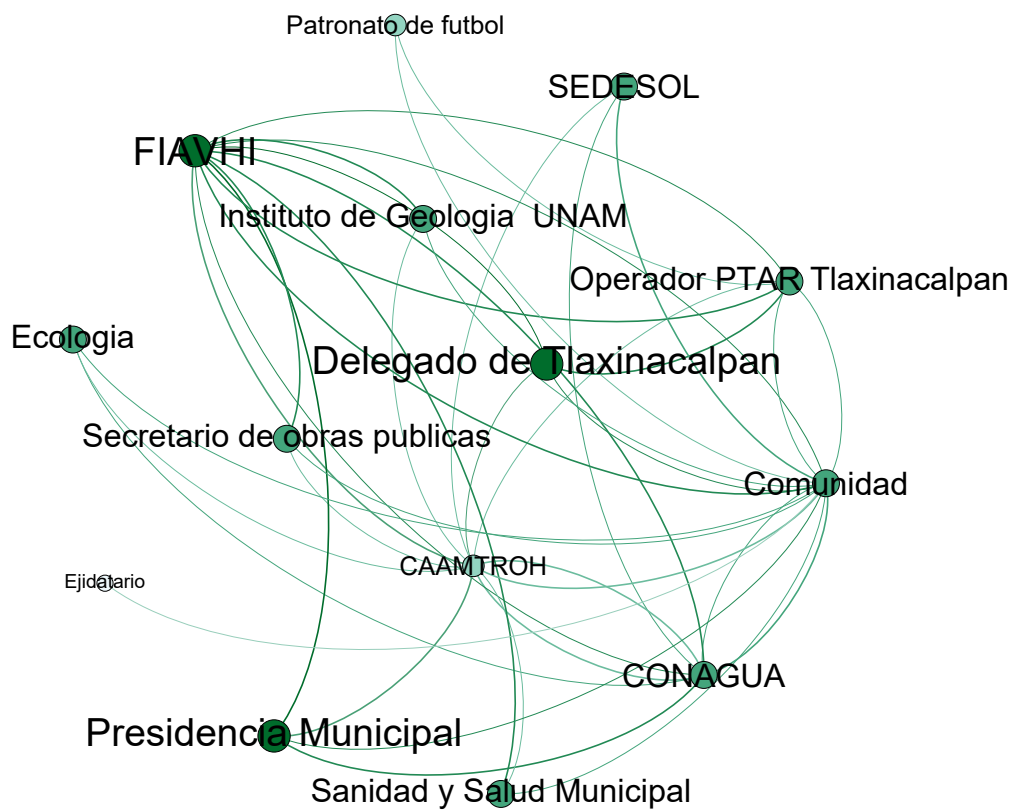
Social network on information sharing (Tepeji)



Social network on decision-making (Tepeji)



Social network on solution (Tepeji)



Social network on trust (Tepeji)

Annex 12: Sustainability Assessment Results

a. Sustainability Assessment Results (Panaichel)

This table indicates the measured values and gathered data that were considered for the sustainability assessment.

R: Red; Y: Yellow; G: Green								
No.	Code (ID)	Variable	Unit	Red	Yellow	Green	Data	Category
1	TE7B	Temperature - WW	°C	>44	>40 and ≤44	≤40	23.50	G
2	TE8B	Biological Oxygen Demand (BOD) - WW	mg/l	>110	>100 and ≤110	≤100	1,060.00	R
3	TE9B	Chemical Oxygen Demand (COD) - WW	mg/l	>220	>200 and ≤220	≤200	1,150.00	R
4	TE10B	Total Nitrogen - WW	mg/l	>22	>20 and ≤22	≤20	33.05	R
5	TE11B	Total Phosphorus - WW	mg/l	>11	>10 and ≤11	≤10	26.65	R
6	TE12B	Faecal coliforms - WW	MPN/100 ml	>110000	>100000 and ≤110000	≤100000	2.75E+15	R
7	TE14B	Total Suspended Solids (TSS) - WW	mg/l	>137.5	>125 and ≤137.5	≤125	610.00	R
8	TE15B	pH - WW	pH unit	<6 and >9	-	≥6 and ≤9	7.27	G
9	TE19C	Temperature - TWW	°C	<20 and >26	-	≥20 and ≤26	22.68	G
10	TE20C	Biological Oxygen Demand (BOD) - TWW	mg/l	>33	>30 and ≤33	≤30	287.50	R
11	TE21C	Chemical Oxygen Demand (COD) - TWW	mg/l	>66	>60 and ≤66	≤60	224.00	R
12	TE22C	Total Nitrogen - TWW	mg/l	>5.5	>5 and ≤5.5	≤5	33.50	R
13	TE23C	Total Phosphorus - TWW	mg/l	>3.3	>3 and ≤3.3	≤3	16.19	R
14	TE24C	Faecal coliforms - TWW	MPN/100ml	>550	>500 and ≤550	≤500	1.32E+11	R
15	TE29C	Total Suspended Solids (TSS) - TWW	mg/l	>44	>40 and ≤44	≤40	565.00	R
16	TE31C	pH - TWW	pH units	<6 and >9	-	≥6 and ≤9	6.80	G
17	TE33C	Arsenic (As) - TWW	mg/l	>0.11	>0.1 and ≤0.11	≤0.1	Not detectable	G
18	TE34C	Cadmium (Cd) - TWW	mg/l	>0.11	>0.1 and ≤0.11	≤0.1	Not detectable	G
19	TE37C	Chromium (Cr) - TWW	mg/l	>0.11	>0.1 and ≤0.11	≤0.1	0.10	G
20	TE38C	Copper (Cu) - TWW	mg/l	>0.55	>0.5 and ≤0.55	≤0.5	0.01	G
21	TE41C	Nickel (Ni) - TWW	mg/l	>0.55	>0.5 and ≤0.55	≤0.5	Not detectable	G
22	TE43C	Zinc (Zn) - TWW	mg/l	>1.1	>1 and ≤1.1	≤1	0.12	G
23	TE44C	Mercury (Hg) - TWW	mg/l	>0.011	>0.01 and ≤0.01	≤0.01	Not detectable	G
24	TE45C	Lead (Pb) - TWW	mg/l	>0.11	>0.1 and ≤0.11	≤0.1	Not detectable	G
25	TE49C	Grease and oils - TWW	mg/l	>16.5	>15 and ≤16.5	≤15	367.50	R
26	TE50C	Floating matter - TWW	Present - Absent	Present	-	Absent	Present	R
27	TE51C	Colour - TWW	PCU	>440	>400 and ≤440	≤400	648.00	R
28	TE52C	Water reuse	YES - NO	NO	-	YES	NO	R
29	TE55C	Arsenic (As) - Sludge	mg/kg dry matter (104 °C)	>55	>50 and ≤55	≤50	53.00	Y
30	TE56C	Cadmium (Cd) - Sludge	mg/kg dry matter (104 °C)	>55	>50 and ≤55	≤50	1.00	G
31	TE58C	Chromium (Cr) - Sludge	mg/kg dry matter (104 °C)	>1650	>1500 and ≤1650	≤1500	60.00	G
32	TE59C	Copper (Cu) - Sludge	mg/kg (dry weight)	>1650	>1500 and ≤1650	≤1500	100.00	G
33	TE62C	Nickel (Ni) - Sludge	mg/kg (dry weight)	>462	>420 and ≤462	≤420	21.00	G
34	TE64C	Zinc (Zn) - Sludge	mg/kg (dry weight)	>3080	>2800 and ≤3080	≤2800	0.15	G
35	TE65C	Mercury (Hg) - Sludge	mg/kg dry matter (104 °C)	>27.5	>25 and ≤27.5	≤25	Not detectable	G
36	TE66C	Lead (Pb) - Sludge	mg/kg dry matter (104 °C)	>550	>500 and ≤550	≤500	61.00	G
37	TE71C	Helminths - Sludge	egg/g (dry weight)	>11	>10 and ≤11	≤10	9.00	G
38	TE72C	Total coliforms - Sludge	MPN/g (dry weight)	>1100	>1000 and ≤1100	≤1000	9.00E+13	R

No.	Code (ID)	Variable	Unit	Red	Yellow	Green	Data	Category
39	TE76C	Scope of sludge management	%	<33.33	≥33.33 and <66.67	≥66.67 and ≤100	Negligible	R
40	TE78C	Identification of potential sludge consumers/users	YES - NO	NO	-	YES	0.00	G
41	TE83D	Operation Manual	YES - NO	NO	-	YES	NO	Y
42	TE84D	Regular maintenance	YES - NO	NO	-	YES	NO	R
43	TE85D	Capacity sufficiency	YES - NO	NO	-	YES	NO	R
44	TE86D	Accessible Sampling and processing equipment	YES - NO	NO	-	YES	NO	R
45	TE88D	Analysis frequency compliance - water	samples/year	<2	-	≥2	2.00	G
46	TE89D	Analysis frequency compliance - sludge	samples/year	<2	-	≥2	2.00	G
47	TE90D	Certification	YES - NO	NO	-	YES	NO	R
48	TE91D	Health risk assessment	YES - NO	NO	-	YES	NO	R
49	TE93E	Health and safety equipment	YES - NO	NO	-	YES	NO	R
50	TE94E	Performance of risk assessment	YES - NO	NO	-	YES	NO	R
51	TE96E	Environmental impact assessment (EIA)	YES - NO	NO	-	YES	NO	R
52	TE99E	Presence or risk of surface water pollution	YES - NO	YES	-	NO	YES	R
53	Ec2A	Per capita cost of WWT	USD/hab/year	>8.8	>8 and ≤8.8	≤8	1.00	R
54	Ec7A	Budget deficit	YES - NO	YES	-	NO	Yes	R
55	Ec8A	Valorisation of by-products	YES - NO	NO	-	YES	No	R
56	S1B	Personal interest in wastewater management problems	scale 1 - 4	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4	4.00	G
57	S2B	Personal awareness of wastewater management problems	scale 1 - 4	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4	4.00	G
58	S3B	Willingness to be informed about the wastewater management problems	scale 1 - 4	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4	3.60	G
59	S4B	Accessibility to information	scale 1 - 4	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4	2.40	Y
60	S5B	Possibilities for providing a recommendation	scale 1 - 4	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4	3.40	G
61	S9B	Personal acceptance of the current wastewater management	scale 1 - 4	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4	1.20	R
62	S10B	Perception of social acceptance of the current wastewater management	scale 1 - 4	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4	1.30	R

b. Sustainability Assessment Results (Tepeji)

This table indicates the measured values and gathered data that were considered for the sustainability assessment.

R: Red; Y: Yellow; G: Green								
No.	Code (ID)	Variable	Unit	Red	Yellow	Green	Data	Category
1	TE9B	Temperature - WW	°C	>44	>40 and ≤44	≤40	21.00	G
2	TE12B	Total Nitrogen - WW	mg/l	>88	>80 and ≤88	≤80	115.38	R
3	TE13B	Total Phosphorus - WW	mg/l	>22	>20 and ≤22	≤20	4.71	G
4	TE19B	Faecal coliforms - WW	MPN/100ml	>1100	>1000 and ≤1100	≤1000	2400.00	R
5	TE22B	pH - WW	pH unit	<6 and >9	-	≥6 and ≤9	8.85	G
6	TE23B	Arsenic (As) - WW	mg/l	>0.55	>0.5 and ≤0.55	≤0.5	0.00	G
7	TE24B	Cadmium (Cd) - WW	mg/l	>0.55	>0.5 and ≤0.55	≤0.5	0.02	G
8	TE25B	Chromium (Cr) - WW	mg/l	>0.55	>0.5 and ≤0.55	≤0.5	0.05	G
9	TE26B	Copper (Cu) - WW	mg/l	>11	>10 and ≤11	≤10	0.02	G
10	TE29B	Nickel (Ni) - WW	mg/l	>4.4	>4 and ≤4.4	≤4	0.05	G
11	TE31B	Zinc (Zn) - WW	mg/l	>6.6	>6 and ≤6.6	≤6	0.02	G
12	TE32B	Mercury (Hg) - WW	mg/l	>0.011	>0.01 and ≤0.01	≤0.01	0.00	G
13	TE33B	Lead (Pb) - WW	mg/l	>1.1	>1 and ≤1.1	≤1	0.00	G
14	TE38B	Grease and oils - WW	mg/l	>55	>50 and ≤55	≤50	5.41	G
15	TE39B	Floating matter - WW	Absent - Present	Present	-	Absent	Absent	G
16	TE40B	Colour - WW	PCU	>550	>500 and ≤550	≤500	100.00	G
17	TE47C	Total Nitrogen - TWW	mg/l	>33	>30 and ≤33	≤30	120.62	R
18	TE55C	Electric conductivity - TWW	µS/cm	>33	>30 and ≤33	≤30	1.84	G
19	TE56C	Faecal coliforms - TWW	MPN/100ml	>2200	>2000 and ≤2200	≤2000	2400.00	R
20	TE60C	Total Suspended Solids (TSS) - TWW	mg/l	>110	>100 and ≤110	≤100	46.00	G
21	TE61C	pH - TWW	pH units	<6.5 and >8	-	≥6.5 and ≤8	8.32	R
22	TE62C	Arsenic (As) - TWW	mg/l	>0.11	>0.1 and ≤0.11	≤0.1	0.00	G
23	TE63C	Cadmium (Cd) - TWW	mg/l	>0.011	>0.01 and ≤0.01	≤0.01	0.02	R
24	TE64C	Cyanide (CN) - TWW	mg/l	>2.2	>2 and ≤2.2	≤2	0.64	G
25	TE65C	Chromium (Cr) - TWW	mg/l	>0.11	>0.1 and ≤0.11	≤0.1	0.05	G
26	TE66C	Copper (Cu) - TWW	mg/l	>0.11	>0.1 and ≤0.11	≤0.1	0.02	G
27	TE67C	Nickel (Ni) - TWW	mg/l	>0.11	>0.1 and ≤0.11	≤0.1	0.05	G
28	TE68C	Zinc (Zn) - TWW	mg/l	>2.2	>2 and ≤2.2	≤2	0.02	G
29	TE69C	Mercury (Hg) - TWW	mg/l	>0.0055	>0.01 and ≤0.01	≤0.01	0.00	G
30	TE70C	Lead (Pb) - TWW	mg/l	>5.5	>5 and ≤5.5	≤5	0.10	G
31	TE71C	Grease and oils - TWW	mg/l	>16.5	>15 and ≤16.5	≤15	5.00	G
32	TE72C	Floating matter - TWW	Absent - Present	Present	-	Absent	Absent	G
33	TE73C	Colour - TWW	PCU	>440	>400 and ≤440	≤400	100.00	G
34	TE74C	Water reuse	%	<33.33	≥33.33 and <66.67	≥66.67 and ≤100	100.00	G
35	TE88C	Odours	YES - NO	YES	-	NO	YES	R
36	TE89C	Solid waste management	-	NO	-	YES	NO	R
37	TE91C	Operation Manual	YES - NO	NO	-	YES	NO	R
38	TE92C	Regular Maintenance	YES - NO	NO	-	YES	Daily	G
39	TE93C	Capacity sufficiency	YES - NO	NO	-	YES	NO	R
40	TE94C	Accessible Sampling and processing equipment	YES - NO	NO	-	YES	NO	R
41	TE95C	Discharge standards compliance	YES - NO	NO	-	YES	NO	R
42	TE96C	Analysis frequency compliance - water	YES - NO	NO	-	YES	NO	R
43	TE98C	Certification	YES - NO	NO	-	YES	YES	G
44	TE100C	Current management of health risks	YES - NO	NO	-	YES	YES	G
45	TE101C	Health and safety equipment	YES - NO	NO	-	YES	YES	G
46	TE102C	Performance of risk assessment	YES - NO	NO	-	YES	NO	R
47	TE104C	Environmental impact assessment (EIA)	YES - NO	NO	-	YES	NO	R

No.	Code (ID)	Variable	Unit	Red	Yellow	Green	Data	Category
48	TE107C	Presence or risk of surface water pollution	YES - NO	YES	-	NO	NO	G
49	S1B	Personal interest in wastewater management problems	scale 1 - 4	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4	3.71	G
50	S2B	Personal awareness of wastewater management problems	scale 1 - 4	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4	3.57	G
51	S3B	Willingness to be informed about the wastewater management problems	scale 1 - 4	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4	3.29	G
52	S4B	Accessibility to information	scale 1 - 4	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4	1.86	R
53	S5B	Possibilities for providing a recommendation	scale 1 - 4	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4	2.71	Y
54	S9B	Personal acceptance of the current wastewater management	scale 1 - 4	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4	2.64	Y
55	S10B	Perception of social acceptance of the current wastewater management	scale 1 - 4	≥1 and <2	≥2 and <3	≥3 and ≤4	1.64	R

Annex 13: Wickedness

a. Degree of Problem Solving (Panajachel)

Degree of problem solving for the case of Panajachel (0 = low degree, 3 = high degree)

	Goals	Complexity	Uncertainty	Averages
Resources	1.71	1.13	0.75	1.20
Activities	1.00	0.88	0.86	0.91
Outputs	1.75	1.43	0.88	1.35
Outcomes	1.00	1.14	1.38	1.17
Averages	1.37	1.14	0.96	1.16

b. Degree of Problem Solving (Tepeji)

Degree of problem solving for the case of Tepeji (0 = low degree, 3 = high degree)

	Goals	Complexity	Uncertainty	Averages
Resources	1.75	1.25	1.75	1.58
Activities	0.5	1	0.5	0.67
Outputs	1.5	1.25	1.25	1.33
Outcomes	0.75	0.5	0.75	0.67
Averages	1.13	1.00	1.06	1.06

Annex 14: Expert Profiles



Tamara Avellán

United Nations University (UNU-FLORES)

Dresden, Germany

As Academic Officer of the Water Resource Management Unit at UNU-FLORES, Ms Avellán focuses on the linkages of water, soil, and waste for reducing resource losses. A biologist by profession, she has conducted research on the ecological impacts of water quality in aquatic life and on the effects of excess nutrient loads on plant morphology. She worked with farmers in Uruguay to find sustainable solutions to the increasing sewage loads in the watershed, which led to the installation of the first local constructed wetland that uses endogenous plants species in 2008. She is the Principal Investigator of the SludgeTec project together with Ms Caucci.



Lucía Benavides

United Nations University (UNU-FLORES)

Dresden, Germany

Ms Benavides has a background in community-led environmental work, as well as in sustainable architecture and urban planning. She holds a Master degree on Natural Resources Management from the TH-Köln. She researches on the relations between human and natural systems, human-driven natural resource flows towards other human settlements, and the ways to improve sustainability of these flows. Her work has focused on Latin American cities, where she has studied, for example, the possibilities for recovery of water-related urban ecosystem services in Mexico City, and the natural resource metabolism of mid-sized cities in the region. She supported the SludgeTec project as a consultant and was in charge of developing the sustainability assessment.



Serena Caucci

*United Nations University (UNU-FLORES)
Dresden, Germany*

As a researcher at UNU-FLORES, Ms Caucci contributes to the realisation of capacity development work related to multistakeholder projects such as the Safe Use of Wastewater in Agriculture (SUWA) Initiative and sludge management options. Ms Caucci has worked closely with transdisciplinary partners and developed wide international collaborations in the field of microbial risks assessment related to sanitation processes and environmental pollution management. Before joining UNU-FLORES, she worked at the Institute of Hydrobiology at the Technische Universität Dresden (TU Dresden) and at the Helmholtz Centre for Environmental Research (UFZ) on water sanitation and antibiotic resistance in anthropogenic-driven environments. She is the Principal Investigator of SludgeTec together with Ms Avellán.



Angela Hahn

*United Nations University (UNU-FLORES)
Dresden, Germany*

Angela Hahn is a Research Associate with the Water Resources Management Unit at UNU-FLORES, and was the Project Manager of the SludgeTec project. She holds a Bachelor of Arts in Social Work and Master of Arts in Intercultural Conflict Management from Alice Salomon University Berlin, Germany. She worked at the Alice Salomon University as Research Assistant and in the coordination of international projects. Her study focus is on community development and resilience, social vulnerability, conflict resolution, peacekeeping as well as cultural aspects of development. During her studies, she had several opportunities to carry-out various participatory research projects in the field, deepening her special interest in community-based work in Latin America. She supported the SludgeTec project by developing the section on the stakeholder analysis, and the social dimension of the sustainability assessment. Furthermore she was conducting the interviews with the stakeholders in the field.



Sabrina Kirschke

United Nations University (UNU-FLORES)

Dresden, Germany

Sabrina Kirschke is a Senior Research Associate with the Water Resources Management Unit at UNU-FLORES. As a political scientist and PhD student, she is particularly interested in the governance of complex water quality problems. Before joining UNU-FLORES, she worked in several water governance-related projects at the Helmholtz-Centre for Environmental Research (UFZ) and at the Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit und Entwicklung GmbH in Germany and Uganda. She supported the SludgeTec project by developing the section on wickedness.



Andrea Müller

*United Nations University (UNU-FLORES) and
Technische Universität Dresden (TU Dresden)*

Dresden, Germany

Andrea Müller is a biochemical engineer from the Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV), Chile. With a strong background on bioprocesses Ms Müller is currently student of the joint PhD programme of UNU-FLORES and TU Dresden, being part of the Water Resources Management Unit at UNU-FLORES and of the Chair of Environmental Development and Risk Management at TU Dresden. Andrea focuses her research in the development of a decision support framework for the assessment of water reuse measures in water scarce areas. She supported the SludgeTec project by executing the sustainability assessments.



**UNITED NATIONS
UNIVERSITY**

UNU-FLORES

**Institute for Integrated Management
of Material Fluxes and of Resources**

El Instituto para la Gestión Integral de Flujos Materiales y Recursos de la Universidad de las Naciones Unidas (UNU-FLORES) se estableció en Dresde, Alemania, en 2012, con el apoyo del Ministerio Federal de Educación e Investigación (BMBF) y el Ministerio de Educación Superior, Investigación y Artes (SMWK) del Estado Libre de Sajonia, Alemania. Como parte de la Universidad de las Naciones Unidas (UNU), el Instituto ayuda a crear un puente entre el mundo académico y las Naciones Unidas. La UNU abarca 13 institutos y programas de investigación y capacitación ubicados en 12 países de todo el mundo. La UNU en su conjunto tiene como objetivo desarrollar soluciones sostenibles para los acuciantes problemas globales que comprometen la supervivencia humana y el desarrollo.

En el UNU-FLORES se desarrollan estrategias para resolver desafíos apremiantes en el campo del uso sostenible y la gestión integrada de recursos ambientales como el agua, el suelo y los residuos. Centrándose en las necesidades de las Naciones Unidas y sus Estados miembros, con especial interés en los países en desarrollo y las economías emergentes, el Instituto se dedica a la investigación, el desarrollo de capacidades, la enseñanza y capacitación avanzadas, así como a la difusión de los conocimientos. En todas las actividades, el UNU-FLORES promueve un Enfoque Nexa para la gestión sostenible de los recursos ambientales.

Para más información, consulte en:
flores.unu.edu

DESARROLLANDO EL ENFOQUE NEXUS PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS AMBIENTALES

United Nations University

Institute for Integrated Management of Material Fluxes and of Resources
Ammonstrasse 74, 01067 Dresden, Germany
Tel.: +49 351 8921 9370 | Fax.: +49 351 8921 9389
Email: flores@unu.edu



@unuflores



@UNU_FLORES

flores.unu.edu