

# **Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente**

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 29 de noviembre de 1976.

Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano  
MAESTRÍA EN PROYECTOS Y EDIFICACIÓN SUSTENTABLES



## **Estrategias de tratamiento de aguas grises en vivienda vertical mediante la implementación de instalaciones especiales. Caso de estudio: Zona Metropolitana de Guadalajara**

---

Tesis que para obtener el grado de  
Maestra en Proyectos y Edificación Sustentables

Presenta: **QUEZADA LIMÓN LUIS FRANCISCO**

Tutor **FLORES ELIZONDO RODRIGO**

Tlaquepaque, Jalisco. agosto de 2024.



Estrategias de tratamiento de aguas grises en vivienda vertical mediante la implementación de instalaciones especiales.

Caso de estudio: **Zona Metropolitana de Guadalajara**

**Tutoría y revisión:**

Dr. Flores Elizondo Rodrigo (*Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano*)

**Autor:**

Arq. Quezada Limón Luis Francisco

**Colaboradores y Asesores:**

Dra. Cortes Lara Mara Alejandra (*Asesora de IDI I Y II, Coordinadora de Licenciatura HDU, Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano*)

Dr. Preciado Quiroz Adolfo (*Asesor de IDI III, Profesor-Investigador Coordinador de la UAB de Infraestructura y Estructuras*)

Ing. Carrillo Andalón Mariana Cecilia (*Supervisor de Sustentabilidad Oficina de Servicios Generales*)

Msc. León Sánchez Gerardo (*Encargado de Laboratorios de Ingeniería Química, Procesos Tecnológicos y Químicos*)

Ing. Vargas Franco Aida Sofia (*Titular de asignatura DPTI, Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales*)

Dr. Gleason Espíndola José Arturo (*Lector externo*)

**Diseño de portada:**

Arq. Quezada Limón Luis Francisco

**Diseño conceptual y estructura editorial:**

Arq. Quezada Limón Luis Francisco

**Fecha de publicación:**

Julio 2024

**Financiamiento:**

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conahcyt)

**Institución responsable:**

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente ITESO, Universidad Jesuita de Guadalajara

**Deslinde de responsabilidad:**

Los hallazgos, interpretaciones y conclusiones expresados en los materiales están basados en la información compilada por el autor y colaboradores. No se garantiza la precisión o integridad de la información en base al tamaño de muestra de los casos de estudio, así como las características espaciales, cualitativas y cuantitativas del área de estudio. Por lo tanto, no puede ser responsable por errores, omisiones o pérdidas que surjan de su uso.





Índice .....	03
Dedicatoria .....	07
Agradecimientos .....	08
Resumen .....	09

Cap.  
**01**

**Introducción**

Introducción .....	11
Planteamiento del tema .....	16
Definición de términos .....	21
Preguntas de investigación .....	25
Hipótesis.....	27
Objetivos .....	31
Importancia del proyecto .....	35

Cap.  
**02**

**Antecedentes empíricos del tema** *(Estado del arte I)*

Introducción .....	45
El estado del agua en México .....	48
Consumo de agua potable en el caso de estudio ZMG .....	55





Cap.  
**03**

**Referencias conceptuales del tema “Aguas Grises” (Estado del arte II)**

Introducción .....	59
¿Qué son las aguas grises? .....	66
Tipos de sistemas de tratamiento de aguas residuales .....	71
Marco normativo .....	73
Ejemplos de implementación de sistemas de tratamiento a nivel mundial .....	82

Cap.  
**04**

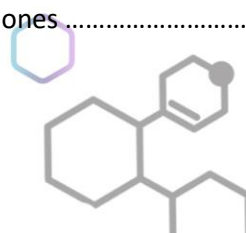
**Resultados “Caracterización del caso de estudio”**

Introducción .....	89
Delimitación de caso de estudio y mapeo digital .....	91
Perfiles de usuarios en caso de estudio .....	93
Radiografía espacial de las viviendas en caso de estudio .....	99
Prácticas ecológicas y nivel de aceptación a ecotecnologías .....	104
Conclusiones .....	122

Cap.  
**05**

**Resultados “Consumos de agua potable en la vivienda”**

Introducción .....	126
Datos estadísticos de consumo de agua potable en caso de estudio .....	127
Identificación de zonas de alto consumo de agua potable en la vivienda .....	137
Hábitos de consumo de agua potable en caso de estudio .....	168
Conclusiones .....	174





Cap.  
**06**

**Resultados “Generación de aguas grises en la vivienda”**

Introducción .....	177
Cuantificación de volumetrías de aguas residuales en la vivienda .....	178
Composición química de las aguas grises generadas en caso de estudio .....	182
Conclusiones .....	185

Cap.  
**07**

**Resultados “Sistemas de tratamiento de aguas grises en el mercado”**

Introducción .....	188
Análisis de mercado de sistemas de tratamiento de aguas grises .....	189
Análisis de mercado de sistemas de purificación .....	199
<Conclusiones .....	
208	

Cap.  
**08**

**Conclusiones y propuestas**

Propuesta de investigación .....	211
Diagrama de flujo y Proyecto Arquitectónico .....	223
Conclusiones generales .....	236
Propuestas de investigación futura .....	245





Bibliografía .....	247
Índice de figuras .....	251
Índice de tablas .....	255
Anexos .....	257





### Dedicatoria

Quiero agradecer y dedicar este paso en mi vida a la persona más importante de ella, **Mi Madre**. Mujer fuerte y luchadora que ha dado todo por y para mi crecimiento, no has dejado que me falte nada y has permitido que llegue hasta aquí, me has apoyado y guiado por el buen camino, no habría llegado hasta este punto si no fuese por ti, te amo y nunca me alcanzara la vida para agradecer todas y cada una de las cosas que haces y que seguramente continuarás haciendo por mí.

Este logro no es solo mío, de hecho, **es más tuyo que mío**, eres sin duda mi gran ejemplo a seguir, me has llenado de valores y fuerzas para luchar por todos y cada uno de mis sueños, me has apoyado y creído hasta en mis peores locuras y gracias a eso hoy puedo decir que no solo soy feliz, sino que además soy una persona de bien que tiene bastante claro lo que quiere en su vida. Nunca me cansaré de darte las gracias este y absolutamente todos mis logros son y serán siempre en tu honor.

Hoy no solo quiero agradecerte por darme la vida, sino también por estar junto a mí en cada paso, sé que guiarme y ayudarme a convertirme en la persona que soy ahora fue un arduo trabajo, pero hoy puedes apreciar los frutos. Espero de ahora en adelante poder retribuir no solo tu amor sino todo lo que has dado por mí, ser un respaldo para ti y hacerte sentir orgullosa a cada paso que dé. **Gracias por todo**. Y por último y no menos importante me gustaría hacer una dedicatoria especial a todos y cada uno de mis gatos por su fiel e incondicional apoyo emocional y compañía en todas y cada una de mis noches de desvelo, no lo hubiera logrado sin ellos.

**Te amo infinito mamá.**





## Agradecimientos

### **A mi tutor**

En primer lugar, agradezco muy profundamente a mi tutor por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada. Gracias por su guía y todos sus consejos, los llevaré grabados para siempre en la memoria en mi futuro profesional.

### **A mi jefe laboral Ernesto Padilla Aceves**

Por haberme brindado la oportunidad de cursar esta maestría, por los años de apoyo incondicional, los cuales se han encontrado llenos de aprendizajes y lecciones que me han forjado y brindado las herramientas necesarias para desenvolverme de manera satisfactoria en el mundo laboral.

### **A todos mis docentes**

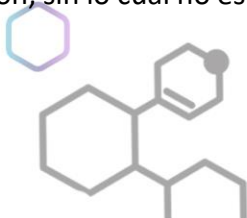
Son muchos los docentes que han sido parte de mi camino maestrante, y a todos ellos les quiero agradecer por transmitirme los conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí. Sin ustedes los conceptos serían solo palabras, y las palabras ya sabemos quién se las lleva ... el viento.

### **Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conahcyt)**

Por su apoyo económico brindado durante mi proceso de formación como maestrante, por haber confiado en mí, mis habilidades y capacidades. Por brindarme la oportunidad de vivir la experiencia de incursionar en el mundo académico y de la investigación que fortalecieron de manera significativa mi formación en el rubro de la sustentabilidad.

### **A la casa de estudios**

Por último, agradecer a la universidad que me ha exigido tanto, pero al mismo tiempo me ha permitido obtener mi tan ansiado título. Agradezco a cada directivo por su trabajo y por su gestión, sin lo cual no estarían las bases ni las condiciones para aprender conocimientos.





## Resumen

Nuestro planeta atraviesa por una **crisis de escasez hídrica** sin precedentes, derivada de una mala administración del recurso y un consumismo **irresponsable** que se acrecentó con el creciente fenómeno del cambio climático. Durante muchos años las aguas residuales fueron consideradas como un factor **nocivo** que acrecentaba los efectos de la escasez hídrica, sin embargo, hoy en día son consideradas (especialmente las aguas grises) como una de las posibles soluciones más **viabiles** para enfrentar esta problemática. Se estima que alrededor del **40%** de la población a nivel mundial padece alguna afectación a diferente escala de escasez hídrica. El consumo de agua potable en la vivienda con una dotación promedio de **218 Litros** por habitante al día (SIAPA, Reporte de actividades y resultados, 2023) va en proporción a la generación de aguas residuales, de las cuales más del **80%** terminan vertidas en mares y ríos, lo cual representa un gran foco de contaminación ambiental. Dentro de estas se encuentra un grupo denominado **Aguas Grises**, las cuales, por su composición física, química y organoléptica tienen la posibilidad de ser tratadas y reutilizadas, reduciendo así hasta en un **65%** el consumo de agua potable dentro de la vivienda.

Por lo tanto el presente TOG en su modalidad *“Proyecto profesionalizante de desarrollo o innovación”* tiene como objetivo la identificación de las **zonas de la vivienda con más alta generación de aguas grises** en base a un monitoreo continuo implementado en 10 casos potenciales de estudio durante un periodo de observación de 15 días, para que en base a su composición se determine el mejor **sistema de tratamiento** para así poder generar un Proyecto Tipo que especifique las **instalaciones especiales** necesarias y que tenga la capacidad de ser replicado en futuras edificaciones de índole habitacional vertical, dotando a estas edificaciones de **“Resiliencia Hídrica”**, la cual le permitirá hacer frente a los eventos negativos que provoca el estrés hídrico de nuestras fuentes de aprovisionamiento.

**Palabras clave:** Agua potable, Aguas grises, Instalaciones especiales, Vivienda Vertical





# 01

# Introducción



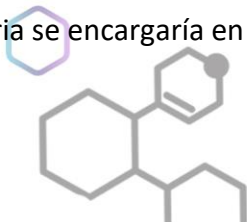
Alumno: Arq. Quezada Limón Luis Francisco. Asesor: Dr. Flores Elizondo Rodrigo. Agosto 2023



## 1.0 Introducción

El agua es uno de los recursos naturales más importantes para el ser humano. Dicha importancia es conocida desde la antigüedad y desde entonces su aprovechamiento ha sido factor determinante para el establecimiento de los asentamientos humanos y como **símbolo de prosperidad y desarrollo**, incluso hoy en día su valor y dependencia en la vida de los seres humanos es innegable. Este preciado líquido se encuentra presente en la mayoría de las actividades humanas, así como suele ser parte en alguno de los procesos de producción de un objeto o servicio. La **crisis hídrica** por la que atraviesa nuestro planeta es un tema que con el paso de los años se ha manifestado con más obiedad en nuestro entorno y ha alcanzado niveles de afectación tan graves como es la reducción de la disponibilidad de este recurso como consecuencia del estrés hídrico de las fuentes de aprovisionamiento, así como **escasez total** del preciado líquido en algunas zonas del planeta. Como resultado de dichas eventualidades las áreas o sectores que primeramente manifiestan afectaciones derivas de estas son el sector económico (productivo) y el sector salud (por cuestiones de higiene).

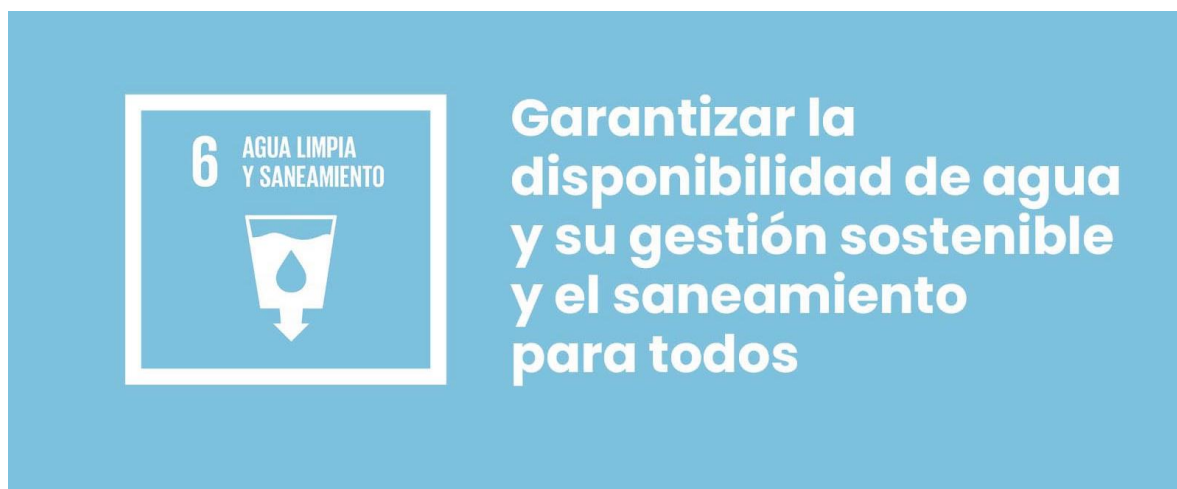
Los temas ambientales han estado en la mesa de debate y en el ojo de científicos desde finales de los años sesenta y principios de los años setenta (Darcy, 2008), en donde el movimiento ambientalista comenzaba a deslumbrar sus primeras escuelas y corrientes de pensamiento que con el paso de los años se fortalecería con gran medida, ganando un alto número de colegas que aportarían sus contribuciones y hallazgos científicos y que por ende y en consecuencia un gran número de seguidores tanto pertenecientes al gremio académico y científico así como miembros de la sociedad, que permitirían darle un mayor clamor a la situación real de nuestro entorno. En base a ellos se comenzaron a promulgar una serie de investigaciones, tratados y leyes que fomentan su preservación y correcto aprovechamiento teniendo por ejemplo la creación de una *Secretaria* en Nueva York en 1977 (WATER, 2003), conformada únicamente por 3 personas las cuales por primera vez en la historia se encargaría en coordinar actividades relacionadas exclusivamente al agua y los





recursos hídricos dentro de las Naciones Unidas, *La agenda XXI* de 1992 en Rio de Janeiro o *Las metas del milenio (ODM)* del 2000 en New York (Darcy, 2008), las cuales fueron la base y pilar durante muchos años de científicos y expertos de la materia que fueron abonando conocimiento para desembocar en nuevos tratados que enfrenten de manera más certera la problemática actual que con el paso de los años y del avance desmesurado de la huella ecológica generada por las actividades del ser humano se ha transformado de manera sustancial requiriendo una actualización de información y acciones necesarias para su subsane. En base a estas necesidades en 2003 se funda ONU-Agua (Un Water) por el Comité de Alto Nivel sobre Programas de las Naciones Unidas la cual tiene como objetivo la coordinación de iniciativas que se relacionan con el tema del agua dulce del planeta, así como su saneamiento, tomando en cuenta tanto los recursos superficiales, así como los subterráneos y teniendo en consideraciones las afectaciones a este recurso por parte de catástrofes naturales. Su valor como servicio ecosistémico de aprovisionamiento es tan grande que su preservación y correcta gestión se encuentra dentro de los 17 *Objetivos de Desarrollo Sustentable* establecidos por la ONU, siendo el apartado 6: “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos” el apartado que concierne todo lo referente al agua y las metas que se pretenden cumplir para el año 2030 (ONU O. d., 2015).

Figura 1.1: Objetivo de Desarrollo Sustentable 06

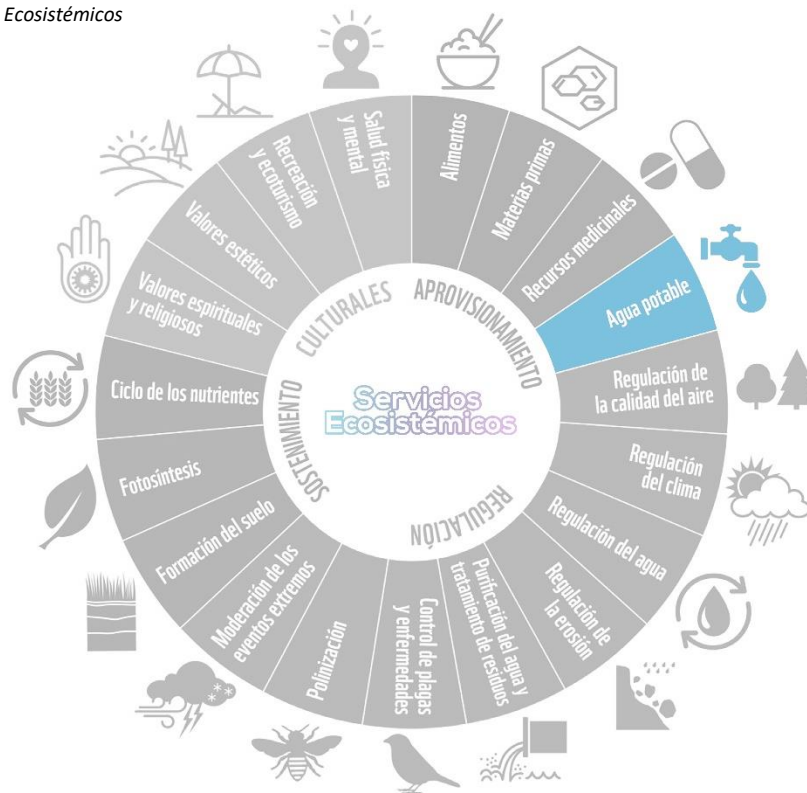


Nota: Imagen obtenida de: <https://www.isglobal.org/-/sdg-6-ensure-availability-and-sustainable-management-of-water-and-sanitation-for-all>



Es importante reconocer que el ser humano se desarrolla diariamente en un entorno de gran dimensión denominado *Ecosistema*, en el cual es solo un elemento más que interactúa con los otros elementos vivos e inertes que conforman este sistema. De la interacción entre el ser humano y el ecosistema en el que habita hay una sinergia entre beneficios o servicios que se da entre uno o varios de estos elementos, entre estos elementos se pueden clasificar alguno de ellos como “recursos” los cuales se pueden definir como los bienes o productos que nos brinda la naturaleza y de los que el ser humano puede disponer con la finalidad de obtener un beneficio o cubrir alguna necesidad en específico. Estos a su vez se pueden agrupar en *Servicios Ecosistémicos* los cuales se definen como: *Multitud de beneficios que la naturaleza aporta a la sociedad*” (FAO, 2022). Los cuales se pueden clasificar en 4 tipos: Servicios de abastecimiento, Servicios de apoyo, Servicios de regulación y servicios culturales, donde el agua es considerada como *Servicio de abastecimiento* y que para fines prácticos de este documento es en el que se centra.

Figura 1.2: Servicios Ecosistémicos



Nota: Imagen obtenida de: <https://www.wwf.org.mx/?324210/Glosario-ambiental-Servicios-ecosis-que> bajo licencia publica Creative Commons



La capacidad de conciencia de la importancia de la naturaleza en la vida que el ser humano puede llegar a desarrollar va directamente ligado a la íntima relación que esta pueda establecer con la naturaleza que lo circunda, en base a esto las poblaciones que se encuentran en contacto directo con entornos naturales (comunidades rurales) tienden a desarrollar un sentido de respeto y conservación de la naturaleza mayor en comparación de poblaciones totalmente urbanas. Una de las principales problemáticas que enfrenta la naturaleza es que el ser humano siempre se ha considerado el elemento central y más relevante del entorno donde se desarrolla con lo cual justifica las modificaciones que este hace a su entorno con la finalidad de ordenarlos y controlarlos. Por lo tanto, el ser humano percibe que todos los recursos que es capaz de manipular son infinitos y siempre están disponibles (Hernández, 2004), lo cual dista totalmente de la realidad ya que estos servicios se encuentra regidos por una serie de leyes naturales que si bien los dota de una capacidad de auto regeneración mediante procesos naturales denominados “Ciclos”, esto no implica que la disposición de los mismo puede ser infinita y desmesurada y es prioritario el poder entender estos ciclos para poder establecer los parámetros de recuperación que estos servicios demandan lo cual podrá garantizar su disponibilidad. Por otro lado, se tiene el factor económico, en donde el ser humano considera más importante las leyes económicas que las leyes naturales (Hernández, 2004) y que es de mayor prioridad la recuperación de los bienes materiales e inversiones que los mismos recursos naturales de los cuales depende directamente.

Lo anteriormente mencionado es posible ver en la situación actual de nuestras reservas hídricas, las cuales presenta en su mayoría una sobreexplotación y un estrés hídrico alto, provocado por el consumismo irresponsable y sin control que el ser humano ha ejercido sobre el preciado líquido, dado a que un consumo responsable solo satisface las necesidades básicas y cotidianas que el ser humano necesita en su día a día y le permite mantener un estilo de vida pleno, saludable y productivo tal y como lo estipula la Organización Mundial de la Salud, mientras que el consumismo excesivo cae en el momento que se rebasan estos límites establecidos en hábitos y prácticas de consumo que no justifican los altos volúmenes de agua potable consumidos los cuales han sido registrados



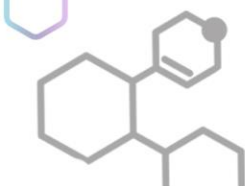


por los organismos operadores concesionarios como por ejemplo SIAPA en el caso de la ZMG, lo cual será analizado de manera más extensa en los apartados siguientes. Aunado a esto tenemos que aparte de la sobreexplotación que el agua presenta por el consumo humano hay una afectación directa por parte de la contaminación que nuestras actividades diarias generan, las cuales al final de todo el proceso que estas conlleven terminan generando un *residuo*, que por su origen son dotados por agentes externos de tipo físico, químico, microbiológico u organoléptico. Dichos residuos en altas concentraciones alteran la estructura original del agua volviéndola no apta para consumo humano y cuya sola presencia representa un importante foco y/o fuente de contaminación (FCEA, 2017) y que en su mayoría termina siendo vertidas en nuestros mares y océanos; esto es industrialmente hablando sin embargo, esto mismo puede observarse en las aguas resultantes de las actividades de la vivienda las cuales en un principio consumieron el líquido en estado **potable** y al pasar por el proceso para el que fueron requeridas terminan convirtiéndose en aguas **residuales** las cuales en sus componentes químicos quedaron los residuos de las materias con las que fueron mezcladas y que son captadas para su direccionamiento a la red de drenaje municipal para terminar desembocadas en las plantas de tratamiento correspondientes o en el peor de los casos en los ríos y mares más próximos, generando así una contaminación de alto impacto ambiental.

Figura 1.3: Contaminación ambiental por aguas residuales



Nota: Imagen obtenida de: <https://www.EFEverde.com> bajo licencia publica Creative Commons

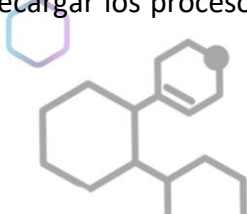




## 1.1 Planteamiento del tema

El presente trabajo de obtención de grado se enfoca en el análisis de la calidad del agua de desecho resultante de las actividades cotidianas generadas en la vivienda (Aguas residuales). La detección de las áreas de la vivienda que más generan aguas grises, a las cuales determinaremos como *puntos críticos de fuga (PCF)* para posteriormente determinar en base a su composición física, química y organoléptica cuáles son más viables para un posterior tratamiento y reutilización (*Aguas grises*). Seleccionar de áreas dentro de la vivienda que dependiendo de la actividad que se realice y la finalidad para la que sea requerida el agua ser beneficiadas con la implementación de esta agua ya tratada. Seguido de esto y después de un análisis exhaustivo de las tecnologías de última generación en el mercado Nacional Mexicano (para ahorrar costes extras de importación) y las instalaciones necesarias para su correcto funcionamiento que se han desarrollado para el tratamiento de aguas grises, se seleccionara las que más se adecue al proyecto final que se pretende generar, esto en base a cuatro puntos clave que son los siguientes.

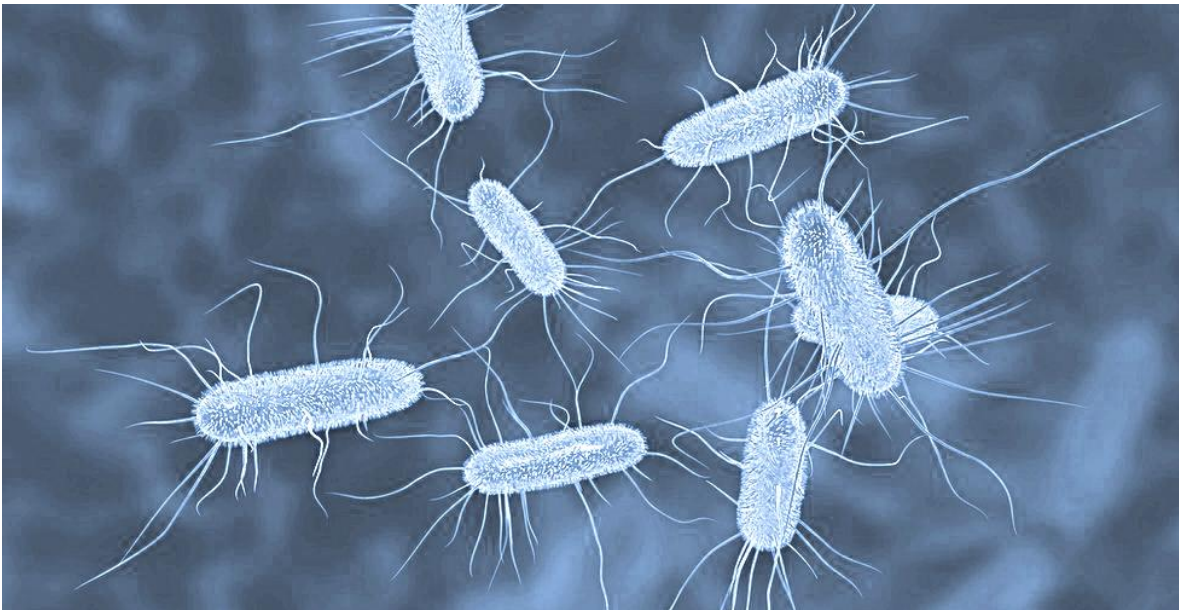
*Salud y calidad del agua:* Cuando se entra en materia de tratamiento de aguas residuales es de vital importancia el poder garantizar la calidad del agua que se obtendrá después de los procesos de purificación, recordando que independientemente del uso posterior que se le dará a esa agua tendrá que cumplir una serie de cualidades y características tanto físicas como químicas apoyándose de normativas vigentes como lo son: NOM-003-ECOL-1997, NOM-127-SSA1-2021 o NOM-230-SSA1-2002, recordando que el nivel de purificación del agua que se esté suministrando estará estrechamente ligada con la calidad de vida y el estado de salud de las personas que habitan en la vivienda. Como consideraciones generales es imprescindible el tener que realizar una diferenciación de aguas residuales de los distintos PCF para poder separar las aguas provenientes del inodoro ya que si bien los sistemas de tratamientos seleccionados actualmente tienen la capacidad de poder trabajar con aguas residuales con cargas fecales se recomienda la diferenciación con la finalidad de no sobrecargar los procesos de dicho sistema y evitar correr el riesgo que dejar disueltas





bacterias de tipo coliforme fecal, las cuales son consideradas de alta nocividad para el ser humano y al mismo tiempo prolongar los tiempo de vida útil especificados por los fabricantes. Por otro lado, la diferenciación de las aguas provenientes del inodoro contribuye de manera pasiva a la aceptación por parte de los usuarios a la reutilización de aguas tratadas dentro de sus actividades cotidianas, ya que al no proceder de aguas contaminadas con heces fecales el imaginario humano tiene más probabilidades de aceptación y tener contacto directo.

Figura 1.4: Modelo digital de E.coli



Nota: Imagen obtenida bajo la licencia de: Volunteer7, CC BY-SA 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons

**Económico:** Para garantizar la aplicación de los resultados de este trabajo se tiene como finalidad encontrar las soluciones tecnológicas para el tratamiento de aguas grises más asequibles en el mercado, esto en base a la selección del cliente/usuario objetivo que vendría siendo la clase Media / Media-Baja, la cual representa un 42.4 % de los hogares mexicanos y que registran un ingreso promedio mensual por hogar de \$23,461.00 MXN. (INEGI, Estadísticas experimentales. Cuantificando la Clase Media en México 2010 - 2020, 2021). Aunado a esto el presente trabajo de investigación basará sus resultados en una estructuración de plan económico de 10 unidades familiares, esto con la finalidad de repartir el gasto total entre este número de viviendas logrando así la reducción de coste neto en cada una de las viviendas al dividir la inversión entre las 10 unidades.



**Figura 1.5:** Ingresos del hogar por clase, promedio mensual



*Nota: Imagen de elaboración propia a partir de INEGI Estadísticas experimentales, cuantificando la clase media en México 2021*

**Fácil acceso a la tecnología:** Una de las tareas en la búsqueda de las soluciones actuales ante la problemática mencionada es que se encuentre al alcance inmediato de las constructoras encargadas de la implementación de dichas instalaciones, con la finalidad de tener ahorros significativos en cuanto a tiempos y costos de importación y que por otra parte puedan encontrar las refacciones en caso de ser necesarias fácilmente y que no implique un gran esfuerzo. Este mismo principio aplica de igual manera para garantías, responsivas sanitarias y mantenimientos cíclicos por parte de la empresa contratada, por lo tanto, se dio prioridad a las empresas prestadoras de estos servicios en base a su localización geográfica.

**Fácil utilización y mantenimiento:** Otro punto en la matriz de selección se considera en base a la psicología del usuario que mientras más sencillo sea de utilizar un sistema más se garantiza la utilización continua con la misma; una interfaz simple y eficaz entre el sistema y el usuario dará pie a que el no vea su utilización como un proceso complicado y por el cual no quiera pasar y prefiera evitar o remover de su vivienda.



Si a esto se le da el valor agregado de un requerimiento de mantenimiento simple y económico se tendrá la clave para el éxito del proyecto. El análisis de este punto incluye factores clave como: la autonomía del sistema de tratamiento, capacitación por parte de la empresa a los futuros operarios de los sistemas de tratamiento, tiempos y nivel de dificultad al momento de llevar a cabo maniobras de mantenimiento entre otras.

Así mismo cabe recalcar que los puntos anteriormente mencionados se consideraron como los de mayor incidencia al momento de la toma de decisiones del sistema seleccionado, sin embargo, se consideraron otros factores y cualidades de los sistemas analizados como lo fueron: Certificaciones y premios de las empresas que ofertan el servicio, historial de ventas, tipo de sistema base, ciclos de vida del sistema, garantías, capacidad y rendimiento, requerimientos mínimos espaciales, características sustentables de fabricación e instalación, tipo de energía empleada para su funcionamiento, residuos resultantes recurrentes y como se disponen, control de olores del sistema, entre otros más que se explican más adelante.

Por último y con la finalidad de entregar un producto integral, se estará contemplando la integración de un **“Centro de gestión Integral de Agua”** a base de válvulas manuales el cual tiene a finalidad de la administración correcta de los distintos tipos de flujo de agua que estarán ingresando a la vivienda (Agua de entrada SIAPA, Agua de primer uso y Aguas tratadas), así como de la activación y desactivación de electroválvulas en distintos puntos tanto hidráulicas como sanitarias que permitirán el correcto funcionamiento del sistema. Posteriormente se planea la inserción de un **“Sistema de control electrónico”** que estará trabajando de manera conjunta con las instalaciones, el cual tendrá cargado en su base de datos los requerimientos mínimos de agua por habitante que equivale entre 100 y 200 litros por habitante al día (WHO, 2003). Una vez cargada esta información en el sistema se estará haciendo un conteo permanente del agua potable que ingresa por día a la vivienda y una vez las cifras rebasen los límites de consumo establecidos activará de manera **automática** el sistema de tratamiento instalado que comenzará a suministrar el agua ya tratada a las áreas seleccionadas.





Todo esto con la finalidad de mantener bien aprovisionada la vivienda con este vital líquido todo el tiempo y a la vez reducir el consumo de agua potable que proviene directamente de nuestras reservas hídricas, lo cual dará pie a un consumo más responsable y estratégico que a su vez y como beneficio social colateral permitirá una mejor distribución de este recurso a nivel urbano, lo cual será de mayor beneficio en temporadas de sequía, en las cuales las reservas hídricas pasan por un *estrés hídrico* que es la principal razón de los *tandeos* o *cortes programados* que se efectúan en la ciudad. Con esto se pretende lograr una disminución significativa del consumo del agua potable en la vivienda y a la vez reducir las aguas grises que se vierten a vertederos de ríos, lagos, mares y humedales, lo cual genera un alto impacto ambiental. Por lo tanto, se podría deducir que el presente trabajo está orientado a la sustentabilidad hídrica.





## 1.2 Definición de términos

**Hidrología:** Ciencia que permite conocer las condiciones en las que se encuentra el recurso hídrico tanto superficial como subterráneo, además de análisis químicos de muestras obtenidas en los cuerpos de agua. Los datos se encuentran contenidos en diferentes publicaciones como cartas y estudios hidrológicos, disponibles en diferentes formatos para su consulta o descarga. (INEGI,2022)

**Aqua clara o de primer uso:** Aquellas provenientes de distintas fuentes naturales y de almacenamientos artificiales y que por su composición y después de un tratamiento previo puede considerarse potable y apta para el consumo humano (FCEA, Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C., 2022). De igual manera se podría definir como agua de primer uso al agua que ingresa a la vivienda a través de un sistema operador de la red municipal para su posterior utilización en actividades domesticas de diversos indoles por los usuarios

**Aqua potable:** Definida por la OMS y la UNICEF como el agua utilizada para los fines domésticos y la higiene personal, así como para beber y cocinar. Se considera que el agua suministrada es potable cuando sus características, físicas, químicas, microbiológicas y organolépticas cumplen con las normas y estándares establecidos por la Organización Mundial de la Salud o Las Normas Nacionales en materia que se encuentren vigentes. (FCEA, Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C., 2022)

**Aqua residual:** Se denominan aguas residuales a las que han sido contaminadas por diversos usos. Constituyen un residuo, y comúnmente se les denomina aguas negras por el color que presentan. Es importante mencionar que existe una gran diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras sólo provendrían del uso doméstico, mientras que las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales. En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno. Para cuantificar el grado de contaminación y poder establecer el sistema de tratamiento





más adecuado, se utilizan varios parámetros expresados en la Norma Oficial Mexicana de la Secretaría de Salud. (FCEA, Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C., 2022)

*Agua gris:* Se denomina así a las aguas resultantes del uso doméstico, por su composición física, química, microbiológica y organoléptica se consideran un subgrupo de las aguas residuales, ya que por dicha composición no están lo suficientemente contaminadas para ser totalmente desechadas, pero tampoco son lo suficientemente puras para consumo humano. Se obtienen por lo general del desagüe de bañeras, regaderas, lavamanos, tarjas, lavaderos y lavadoras. Se caracterizan por contener una carga baja de contaminantes nocivos, agentes orgánicos y una contaminación microbiológica muy baja, además de requerir tratamientos relativamente sencillos para su reutilización. Por último, es importante mencionar que para poder ser considerada dentro de este grupo el agua no puede contener materia fecal ya que estas requieren un tratamiento mucho más complejo y existe el riesgo de que en el proceso queden residuos bacterias como Escherichia Coli (E-Coli), la cual es considerada nociva para la salud y puede llegar a causar la muerte del ser humano (Allen, 2015).

*Sistema de abastecimiento de agua:* conjunto intercomunicado o interconectado de fuentes, obras de captación, plantas potabilizadoras, tanques de almacenamiento y regulación, líneas de conducción y distribución, incluyendo vehículo cisterna que abastece de agua para uso y consumo humano, sean de propiedad pública o privada (NOM-003-ECOL-1997, 1997).

*Instalaciones:* Conjunto de elementos dispuestos entre sí de manera interconectada (red) que tienen como finalidad el correcto flujo, suministro y/o distribución de servicios dentro de una edificación e incluso en algunos casos también se encargan de la evacuación o desahogo de algún material; por lo general lo que circula dentro de ellos puede ser energía, materia o información, por ejemplo: electricidad, agua, gas, oxígeno, datos, una red telefónica o informática. Su importancia radica en ser las encargadas del correcto y adecuado funcionamiento de las actividades del ser humano dentro de la edificación y las





cuales dependiendo de su naturaleza y/o propósito se pueden agrupar para una correcta especialización en su ramo.

**Instalaciones Hidráulicas:** Conjunto de tuberías las cuales se interconectan y complementan con accesorios (conexiones, codos, válvulas) que abastecen de agua potable (fría/caliente) a diferentes puntos o muebles dentro de la vivienda (sanitarios, lavamanos, tarjas, lavaderos, lavadoras, sistemas especiales, etc.) que facilitan a los habitantes de la vivienda el desarrollo de sus actividades cotidianas como lo son el aseo personal e higiene, limpieza del hogar, preparación de alimentos, lavado de ropa, riego de jardines entre otros (Mariani, 2008).

**Instalaciones especiales:** Son instalaciones consideradas no esenciales para el correcto funcionamiento de una vivienda, que sin embargo si son fundamentales para la implementación de un equipo, sistema, dispositivo, tecnología o eco-tecnologías con particularidades o requerimientos específicos que solo pueden ser canalizados a través de materiales o conexiones determinados por el mismo productor o prestador del servicio. Por lo general la implementación de estas instalaciones surgen cuando las instalaciones tradicionales no pueden satisfacer una necesidad en específico como lo pueden ser: confort, riego, seguridad, comunicación, cuestiones de emergencia, enfriamiento, ecológico, sustentable, etc. (Corvo, 2021)

**Usuario hídrico:** El termino usuario hace referencia a una persona que está en constante uso de algún servicio o producto con la finalidad de obtener alguna satisfacción o beneficio al hacerlo (Peiró, 2020), que en este caso corresponde al recurso del agua potable dentro de las viviendas con la finalidad de satisfacer las necesidades básicas y personales de cada individuo.

**Consumo hídrico:** El termino consumo hace referencia a la acción de utilizar y/o gastar un producto, con la finalidad de satisfacer alguna necesidad en específico, así mismo corresponde a la culminación del proceso productivo de dicho producto o servicio al cumplir la tarea, fin o propósito con el que fue concebido (Oca, 2015). Que en este caso corresponde





al consumo del recurso del agua potable dentro de las viviendas con la finalidad de satisfacer las necesidades básicas y personales de cada individuo.

**Gasto medio diario:** El “gasto medio diario”, es el agua que un usuario o población necesita en un día de consumo promedio y para una localidad se calcula de la siguiente manera:  $\text{Gasto medio diario} = \text{dotación por habitante al día} * \text{número de habitantes} / \text{número de segundos al día (86,400)}$  y se expresa en l/s (Terán, 2013).

**Contaminantes básicos:** Son aquellos compuestos o parámetros que pueden ser removidos o estabilizados mediante procesos convencionales. En lo que corresponde a las Normas Oficiales Mexicanas sólo se consideran los siguientes: grasas y aceites, materia flotante, demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos totales (NOM-003-ECOL-1997, 1997).

**Límite máximo permisible:** Valor o rango asignado a un parámetro, que no debe ser excedido por el responsable del suministro de agua residual tratada (NOM-003-ECOL-1997, 1997).

**Desinfección:** proceso físico y/o químico utilizado para la eliminación, inactivación o destrucción de microorganismos patógenos en el agua (NOM-003-ECOL-1997, 1997).

**Características microbiológicas:** microorganismos nocivos a la salud humana. Para efectos de control sanitario se determina el contenido de indicadores generales de contaminación microbiológica, específicamente organismos coliformes totales y Escherichia coli o coliformes fecales (NOM-127-SSA1-2021, 2021).

**Características físicas y organolépticas:** las que se detectan sensorialmente. Para efectos de evaluación, el sabor y olor se ponderan por medio de los sentidos y el color y la turbiedad se determinan por medio de métodos analíticos de laboratorio (NOM-127-SSA1-2021).

**Características químicas:** las debidas a elementos o compuestos químicos, que como resultado de investigación científica se ha comprobado que pueden causar efectos nocivos a la salud humana (NOM-127-SSA1-2021, 2021).





### 1.3 Preguntas generadoras de investigación

Una vez establecido el planteamiento del tema del problema en cuestión fue importante para este trabajo de obtención de grado el tener claro las inquietudes o dudas en referencia a lo que se pretende resolver o lograr como resultado de la propuesta final de este documento, por lo tanto, se estableció una pregunta principal de investigación y tres preguntas secundarias que se derivan de la principal con la finalidad de complementarla y ser un eje a seguir para poder identificar las áreas o campos de investigación pertinentes a abordar para poder obtener la información necesaria que dé respuesta a las mismas. La pregunta principal de investigación fue la siguiente:

- *¿Qué estrategias podemos implementar para reducir el consumo del agua potable dentro de la vivienda vertical de clase media?*

A partir de esta pregunta y teniendo por entendido el trasfondo y alcances de la misma, así como de la prospección de escenarios futuros se generaron 6 preguntas secundarias adicionales que se derivan de la pregunta principal las cuales son:

- *¿Qué capacidad y nivel de porcentaje de probabilidad tienen las aguas grises resultantes de las actividades dentro de la vivienda de ser tratadas y reutilizadas dentro de la vivienda para reducir el consumo de agua de primer uso?*
- *¿Qué instalaciones especiales son necesarias para que las viviendas puedan captar y tratar sus aguas grises de manera eficiente y segura?*
- *¿Qué requerimientos o consideración preliminares son necesarias contemplar desde el diseño para poder implementar este tipo de instalaciones?*





- *¿Qué tan asequibles son este tipo de instalaciones para viviendas verticales de clase media y cuáles son los posibles esquemas de financiamiento para poder ser adquiridos?*
- *¿Qué calidad y requerimientos deben cumplir las aguas grises tratadas para que puedan cumplir con las Normas Mexicanas en materia de aguas de consumo y poder ser reutilizadas dentro de la vivienda?*
- *¿Cuáles son los hábitos de consumo por parte de los habitantes de la vivienda con respecto al agua de primer uso que implementan en sus actividades cotidianas*

La información necesaria para poder comprender y responder esta interrogante fue obtenida mediante la interpretación de distintas fuentes informativas y a diferente nivel de escala como lo fueron: Nivel macro a través de información emitida por fuentes oficiales y/o gubernamentales a través de La Ley Federal de Transparencia y Derecho a la información, así como de normas y reglamentos que en su conjunto generaron una esfera de conocimiento acerca del estado actual de las fuentes hídricas, por último se hizo un concentrado en materia de aguas grises con la finalidad de obtener la información necesaria para poder comprender sus características así como el abanico de posibilidades disponibles en el mercado, así como conocer los requerimientos mínimos espaciales y preliminares necesarios a considerar en la planificación de los desarrollos verticales.

A nivel micro se realizó la aplicación de un monitoreo continuo, el cual fue implementado en 10 casos potenciales de estudio durante un periodo de observación de 15 días cada uno con la finalidad de poder registrar de manera exacta las volumetrías tanto del agua de primer uso consumida y las aguas grises generadas como resultado de las actividades del hogar y por ultimo registrar los hábitos de consumo de los habitantes del hogar as como el nivel de aceptación por parte de los mimos al proyecto.





## 1.4 Hipótesis

Una vez establecidas las preguntas generadoras de investigación que se pretenden responder con este trabajo de obtención de grado se formularon las primeras hipótesis, en las cuales el hecho de que la necesidad de demanda y cobertura por parte de los usuarios en el caso de las unidades habitacionales hacia los organismos operadores va en constante crecimiento, esto en relación directa con el crecimiento demográfico que atraviesa el país, el cual ha experimentado un incremento sustancial en los últimos 50 años, propiciando así que la capacidad de los organismos operadores para cubrir las necesidades de la población sea superada por la demanda que el estilo de vida de los habitantes exige hoy en día. Por lo tanto, en base a lo anterior mencionado es importante conocer los estilos de vida que se llevan día con día en los núcleos familiares, hábitos de consumo de agua, características espaciales de la vivienda, conteo de mobiliario hídrico, así como tener volumetrías de las aguas grises que se están generando a partir de las actividades cotidianas de los usuarios.

Por otro lado, se tiene que tener en cuenta que el lograr que las personas utilicen de manera adecuada, racional y responsable el agua de primer uso conlleva a un cambio en masa o mejor conocidos como “*cambios sociales*” los cuales se tiene por entendido resultan ser bastante complejos y con variables clave que al momento de intentar aplicar una prospectiva estratégica son difíciles de considerar como lo son: Contexto cultural, contexto económico, contexto político, el nivel y complejidad de la naturaleza del cambio y el más importante de todos que es la “resistencia al cambio” (Godet, 2007). Dicha complejidad suele prolongarse por varios años (incluso cientos) antes de poder empezar a vislumbrar los primeros resultados tangibles, por lo tanto, el apostar el futuro de nuestras fuentes de aprovisionamiento hídrico a que el “eco” de la conciencia social con respecto al cuidado del agua resuene en el consciente y subconsciente de los habitantes es altamente arriesgado, dejando como única alternativa el apoyarnos de los avances tecnológicos de última generación con la que se cuente al momento de hablar de “*Tratamiento de aguas grises*”.





En base a esto podemos plantear la siguiente hipótesis principal:

- *“La captación y tratamiento in situ de las aguas grises mediante la implementación de instalaciones especiales es técnica y económicamente viable sin poner en riesgo la salud e integridad de los usuarios, integrando los sistemas de manera armónica al diseño de las edificaciones de vivienda vertical”*

El tratamiento y reutilización de las aguas grises que se generan de las actividades humanas aparte de reducir la cantidad de agua potable de primer uso que consume la vivienda brinda al municipio la posibilidad de tener una mayor cantidad disponible del recurso, el cual puede abastecer a otro sector de la población. Esto será de mayor valor utilitario en temporadas de altos niveles de escases de agua, así mismo al disponer de una menor cantidad de agua potable proveniente de las redes municipales se genera una disminución del estrés hídrico producto de la elevada demanda de la población a las fuentes de aprovisionamiento y a su vez le brinda a las edificaciones la cualidad de ser resilientes frente a fenómenos de escases permitiendo así que las viviendas a través de sus propios medios puedan sobrellevar la situación hasta que esta se regularice. Por otra parte, una vez que se tiene los resultados del análisis por muestreo de la etapa de observación directa in situ se podrá determinar la composición física y química de las aguas grises, así como la normativa de los requerimientos mínimos y permisibles en cuestiones de reciclaje de aguas establecidas por las NOMS fue posible el identificar las áreas idóneas y con mayor área de oportunidad para el reciclaje y utilización posterior estableciendo el primer supuesto que considera:

- *“Por sus características físicas, químicas y organolépticas las aguas grises provenientes de la regadera y la lavadora tienen una alta probabilidad de ser tratadas y reutilizadas dentro de la vivienda para reducir el consumo de agua de primer uso”*





De igual manera al reducir la cantidad de agua residual que se genera y sale de la vivienda se reduce de igual manera la cantidad que se acumula en las redes de alcantarillado del municipio, la cual en la mayoría de las veces el municipio al no contar con las instalaciones necesarias o plantas de tratamiento para poder darles un uso posterior a su utilización terminan siendo vertidas directamente en el medio ambiente, reduciendo así el impacto ambiental generado por las actividades del ser humano. Como se menciona en el capítulo 03 *“Referencias conceptuales del tema”* la información con respecto a las tecnologías disponibles para el tratamiento de aguas grises es un tema relativamente nuevo, lo cual dificulta a las inmobiliarias y constructoras el poder implementar dichos sistemas, si bien hoy en día hay empresas especializadas en implementar y distribuir estos sistemas carecen de una adecuada difusión que permita llegar clientes potenciales que quieran adquirir su producto. En base a esto podemos establecer el segundo supuesto, el cual menciona que:

- *“Las viviendas no reutilizan sus aguas grises por falta de prospección de instalaciones especiales en sus edificaciones al momento de ser diseñadas”*

Por otro lado, es importante mencionar que el factor económico se encuentra presente de manera implícita en la problemática a afrontar al momento de decidir qué sistema de tratamiento es el ideal a implementar, puesto que dependiendo del nivel de complejidad y el objetivo al que se quiera llegar determinara el costo de dicha instalación. Aunque por lo general este tipo de sistemas suele tener altos costos tanto de instalación como de mantenimiento, lo cual dependiendo del sector de la población a tender puede considerarse no rentable. En base a esto podemos establecer el tercer supuesto, el cual menciona que:

- *“Las edificaciones no están siendo dotadas de sistemas de tratamiento de aguas residuales por falta de información técnica y normativa en torno al tema que les de certeza i viabilidad al momento de implementarlas”*





Por otro lado, la problemática del desabasto de agua y la necesidad de tener que implementar soluciones adicionales como lo es el tratamiento de aguas grises van de la mano con la poca o nula educación ambiental que tiene la sociedad con respecto al agua con lo cual se genera el cuarto supuesto que establece:

- *“Las malas prácticas y hábitos de consumo por parte de los usuarios acrecientan el alto consumo de agua potable en la vivienda”*

Por ultimo y en relación a la poca información de acceso general a la población y a la poca difusión de la misma con respecto al tema de tratamiento de aguas grises entre los habitantes ha generado una “resistencia o tabú” a la implementación de este tipo de sistemas debido a que lo primero que piensan los habitantes cuando se les plantea la posibilidad de tratar sus aguas grises dentro de la vivienda es que tiene mal olor, que son toxicas, que contienen restos de heces fecales entre muchas otras más, por lo tanto el sexto y último supuesto establece lo siguiente:

- *“El nivel real del éxito para la implementación de instalaciones especiales que den tratamiento a las aguas grises generadas dentro de la vivienda dependerá directamente de la aceptación por parte de los usuarios a los sistemas propuestos”.*

El cuidado de agua es un asunto multidisciplinar el cual no solo recae en el gobierno, si no que requiere la participación y colaboración de todos los seres humanos que viven en sociedad y hacen uso de este recurso, por lo tanto el generar una conciencia ecológica en función al cuidado, mantenimiento y reutilización del agua será de vital importancia para generar una red de colaboración que permita dar marcha atrás a los niveles de estrés hídrico y a la vez realizar aportes que se sumen a la sustentabilidad hídrica.





## 1.5 Objetivos

Una vez establecidas las hipótesis a comprobar y las preguntas generadoras a resolver se establecieron una serie de objetivos a alcanzar, estos a su vez y con la finalidad de resolver la problemática desde lo general hasta lo particular se dividieron en uno principal y 03 secundarios, el objetivo principal es el siguiente:

- *“Dotar a las edificaciones verticales de Resiliencia Hídrica a través de la reducción del consumo de agua de primer uso mediante un Proyecto Tipo a base de la implementación de instalaciones especiales y ecotecnologías que permitan a las viviendas el poder seguir manteniendo sus actividades que involucren el uso de agua ante eventualidades y externalidades como lo son recortes o suspensión del suministro del servicio de agua potable por estrés de las fuentes de aprovisionamiento o sequías atemporales”.*

Este objetivo está en función a ser la respuesta a la falta de información en términos de materia de tratamientos de aguas grises en el ámbito tanto técnico así como en el ámbito reglamentario, generando un proyecto o guía de referencia para futuras inmobiliarias, desarrolladoras y diseñadores en general que quieran comenzar a incursionar en la sustentabilidad hídrica mediante el apoyo de ecotecnologías e infraestructuras disponibles en el mercado y con un coste asequible para vivienda de clase media. Así mismo se pretende poner al alcance de estas mismas empresas los requerimientos mínimos necesarios para poder implementar el sistema de tratamiento seleccionado en este trabajo de investigación. Una vez establecido el objetivo general se propusieron 03 objetivos particulares, los cuales son los encargados de ser el medio para darle forma y cuerpo al objetivo principal, los cuales son los siguientes:





*“Establecer información estadística de máximos y promedios de consumos de agua potable mediante la caracterización del caso de estudio en la ZMG, así como la detección de las zonas más conflictivas o de mayor consumo de agua potable dentro de la vivienda, con la finalidad de catalogarlas como áreas de oportunidad para la captación, tratamiento y posterior reutilización dentro de la vivienda”*

La finalidad de este objetivo desarrollado es poder ofrecer la información necesaria para poder ser utilizada por especialistas en cálculos que se encuentren dentro del campo semántico del consumo de agua potable y a su vez ser la guía a seguir de este trabajo de investigación al poder estimar los volúmenes de aguas grises generados, las zonas de las viviendas con mayor área de oportunidad a ser intervenidas con los sistemas de y tratamiento de aguas grises y por ultimo ser un referente preciso de cuánta agua se está consumiendo realmente y en donde, sin olvidar que son datos correspondientes a un caso de estudio en específico y tienen que ser solo un referente fuera de dicha área de estudio. Este apartado está ligado de manera directa a la información obtenida de las herramientas e instrumentos seleccionados en el diseño y selección metodológica, los cuales con base al trabajo de campo se recabará la información necesaria para poder analizar y determinar las zonas con mayor potencial a ser tratadas mediante el sistema propuesto. Cabe destacar que este apartado incluye los hábitos y costumbres de los usuarios con respecto al empleo del agua potable en la vivienda y el nivel de conocimiento al cuidado y reutilización de aguas grises que poseen los integrantes de la vivienda y cuyas características están descritas en el apartado *“Delimitación del objeto de innovación.”*

Una vez establecida dicha información estadística de consumo y detectadas y seleccionadas las áreas dentro de la vivienda con mayor potencial para ser captadas y tratadas se estableció el segundo objetivo secundario el cual fue el siguiente:





- *“Determinar cuáles son las instalaciones especiales necesarias, idóneas y asequibles para el tratamiento y reutilización de aguas grises en la vivienda en base a su composición física, química, microbiológica, organoléptica y radioactiva en función a los límites permisibles establecidos y actualizados por los proveedores de este servicio y que garantice la calidad de agua que se estará suministrando para uso y manejos por parte de los usuarios sea considerada de contacto directo sin repercusiones.”*

Este objetivo será el producto resultante de la investigación exhaustiva del abanico de posibilidades y tecnologías físicas, mecánicas y tecnológicas disponibles en el mercado sin perder de vista el factor asequible en cuestión de economía, fácil acceso a dicha tecnología priorizando las opciones nacionales que no requieran de importación con la finalidad de agilizar los procesos de adquisición e instalación e incluso en termino de garantías y servicios de mantenimiento por parte de la empresa. Fácil implementación y mantenimiento con la finalidad de evitar que la manipulación de los sistemas por parte de los operarios/usuarios sea lo más comfortable posible y aumente las posibilidades de aceptación por parte de los mismo al sistema propuesto.

Por último, se pretende que estas soluciones garanticen que la calidad de agua tratada que se generara y suministrará a los usuarios sea en base a normativas, estudios y pruebas científicas que den fe de esto, con la finalidad de evitar contingencias sanitarias que podrían afectar directamente a la salud de los habitantes de la vivienda. Para finalizar, el tercer y último objetivo de este trabajo de investigación está centrado más en el ámbito cualitativo y es el siguiente:

- *Identificar la dinámica de los hábitos de consumo de agua provenientes de las actividades dentro del hogar, así como de los estilos de vida que se relacionan directamente entre sí, todo esto con la finalidad de poder entender el porqué de las*





*cifras obtenidas del monitoreo continuo y poder culminar en un Manual de Buenas Prácticas que sirva de apoyo para poder encaminar a los usuarios a ser ecológicamente responsables con el uso de tan preciado líquido”.*

Este objetivo al igual que los anteriores se deriva de la implementación de la herramienta metodológica cuestionario que se llevó a cabo en todos y cada uno de los casos de estudio seleccionados y que una vez finalizados nos permitió adentrarnos de manera más cercana e íntima a todas o la mayoría de las actividades que se llevan dentro de las viviendas como resultado de sus actividades cotidianas y que se encuentran estrechamente relacionadas con el consumo de agua e identificar aquellas con ciertos niveles de riesgo que aparte de ser nocivas como contaminantes de las fuentes de aprovisionamiento hídricas podrían llegar a afectar en diferente escala el sistema de tratamiento de aguas grises seleccionado. Por otro lado, dicho herramienta permitió el poder especular el nivel de conciencia ecológica que se tiene con respecto al uso del agua y poder medir hasta cierto punto el nivel de aceptación de los usuarios al sistema propuesto, lo cual es considerado clave para la viabilidad de este trabajo de obtención de grado.

Por último y derivado de lo anterior el diseñar un “Manual de buenas prácticas” como soporte técnico a los usuarios permitirá que de manera pasiva se comience a inducir a los usuarios a una sustentabilidad hídrica real mediante el uso racional y responsable del agua y como beneficio indirecto secundario al llevar acabo practicas del uso del agua responsable permitirá prolongar el ciclo de vida del sistema al no llevarlo a sus límites permisibles establecidos por la empresa proveedora del servicio y que a su vez se traduce en un ahorro económico a los usuarios si hablamos de cuestiones de mantenimiento y corrección por mal uso del mismo.





## 1.6 Importancia del proyecto

Con la crisis actual de los recursos de aprovisionamiento como lo es el agua, la comunidad internacional ha reconocido la importancia del vital líquido, decretándolo como un derecho humano. Este derecho ha logrado traspasar barreras y llegar a consolidarse quedando decretada por ejemplo en la Convención sobre la eliminación de todas las formas de discriminación contra la mujer, derechos de las personas con discapacidad y los derechos de los niños, solo por mencionar algunas. Por lo tanto, el suministro de agua potable a las viviendas pasa de ser una acción de beneficencia a ser un derecho legal (ONU, Folleto informativo N° 35, 2011). En 2002, el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las Naciones Unidas aprobó su Observación general No. 15 sobre el derecho al agua, en la que este derecho se definió como el derecho de todos a:

*“disponer de agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico”*

Así mismo dentro de este apartado se establece que el derecho al agua tiene que suministrarse de manera continua y basta para que las personas puedan realizar sus actividades cotidianas como lo son: lavado de ropa, preparación de alimentos, higiene personal, limpieza/aseo de la vivienda y hasta para el mismo consumo humano, lo cual se traduce al disfrute de una vida digna, saludable y plena que satisface las necesidades básicas, siempre y cuando recordando que este derecho no faculta a las personas al uso indiscriminado e ilimitado del mismo. Por otro lado, recalca la importancia de las características mínimas necesarias para ser consideradas como potables las cuales son: sabor, color y olor aceptables, exentos de microbios y parásitos, así como de cualquier otra sustancia artificial/sintética, radiológica o química.





La escasez del agua va en aumento, por lo tanto, reconocer la importancia de la recolección, tratamiento y reutilización de las aguas residuales se ha posicionado como un tema de gran importancia y de urgente implementación. Como se menciona en el *Informe Mundial sobre Desarrollo de los Recursos Hídricos* la reutilización de las aguas residuales es un factor fundamental que fomentara la disminución de la contaminación en las fuentes de abastecimiento hídricas, así como una recuperación y renovación de las mismas.

Por otro lado, es importante reconocer y hacer hincapié a los volúmenes de *aguas grises* que se generan día con día en las viviendas como resultado de las actividades humanas que todos y cada uno de los integrantes del núcleo familiar realizan, las cuales tienden a ser desechadas a través del sistema de alcantarillado provisto por el municipio y que a su vez carece de una correcta diferenciación de aguas residuales. Se estima que la generación de aguas grises representa entre **50% y 80%** de las aguas residuales que se producen en una vivienda (Montilla, 2015). Estas cifras se pueden traducir a que una correcta reutilización de aguas grises con su correcto tratamiento en base a normativa puede representar hasta un 40% de ahorro en el consumo de agua potable dentro de las viviendas (Zambrano J. L., 2015).

La Organización Mundial de la Salud arroja que la cantidad para cubrir las necesidades básicas y evitar problemas de salud son entre **100 y 200** litros por día y por habitante. Así mismo establece que los requerimientos mínimos con los que una persona puede subsistir son de 20 a 25 litros por día, pero que a la larga generara problemas de salud al no alcanzar a cubrir las necesidades de higiene mínimas. Esto no aplicaría a ciertos grupos de la población con necesidades específicas como lo son personas con complicaciones médicas como VIH/Sida, mujeres embarazadas, madres lactantes o personas que vivan en climas áridos extremos. (WHO, 2003)

Así mismo es importante diferenciar entre los términos *Demanda Hídrica* como de *Dotación Hídrica*, la demanda es el volumen total de agua que un sector de la población demanda a su organismo operador, esto en base a sus hábitos de consumo que les permita realizar de





manera satisfactoria y sin restricción sus actividades cotidianas. Por otro lado, la dotación es los límites reales que las fuentes de abastecimiento, así como los organismos reguladores de los mismos son capaces de ofertar a sus usuarios registrados (sin contar pérdidas en red), estos se miden en L/hab/día y el SIAPA en 2023 reportó que la ZMG posee una dotación de **218 L/hab/día** (SIAPA, 2023), por otra parte el SIAPA en su manual de diseño indica que la dotación ideal para clase media es de 280 a 300 L/hab/día (SIAPA, Lineamientos técnicos de factibilidad., 2014). Una vez entendida la relevancia de una dotación basta y suficiente de agua con las características antes mencionadas y los volúmenes de aguas grises que se pueden llegar a generar se puede determinar que la importancia del presente trabajo de obtención de grado radica que en base a los resultados obtenidos de la observación directa in situ de los casos potenciales de estudio se pueden tener cifras exactas y estadísticas de promedio y máximos registrados tanto del agua de primer uso así como de los volúmenes de aguas grises que se están generando día a día y las zonas de las viviendas a las que corresponde, con lo cual se podrá estimar el porcentaje de reutilización que dichos volúmenes al ser tratados pueden representar al momento de hablar de la reducción del agua de primer uso de la que se estará haciendo uso. Por otro lado, el poder identificar el sistema de tratamiento más idóneo en relación **Calidad/Precio** del mercado y poderlo relacionar con los casos de estudio analizados nos permitirá establecer rendimientos reales apegados al caso de estudio y a su vez estimar que tan viable y pertinente es el presente trabajo de investigación.

Por último, el hecho de que las inmobiliarias, constructoras y diseñadores pertenecientes al gremio de la construcción puedan utilizar este manual como referencia al momento de hablar de soluciones para la reducción del agua de primer uso en las viviendas verticales deparará y será trampolín para que los temas de resiliencia hídrica comiencen a hacerse presentes como algo “necesario” en la manera en la que edificamos hoy en día y que así como se cuenta con un seguro de vida o de gastos médicos se pueda llegar a apostar por la introducción de este tipo de estrategias como un **“Seguro Hídrico”** ante eventualidades.





### 1.6.1 Delimitación del objeto de innovación

El objeto de análisis del presente trabajo de investigación es la generación de un proyecto de integración que contemple el sistema de tratamiento de aguas grises más viable y asequible a partir del análisis de los consumos de aguas de primer uso en la vivienda y su conversión a volúmenes de aguas grises para su posterior uso dentro de la misma, centrandolo la selección con base a la calidad de agua ofertada y su relación costo/beneficio. Para una integración completa de la información se establecieron 3 observables / variables con sus respectivas unidades de medición:

**Nivel macro:** Será necesario el tener la información general de los consumos de agua por vivienda dentro de la ZMG, esta información deberá estar sustentada y/o emitida por Instituciones Oficiales Gubernamentales a través de la ley de transparencia en México. Esta información tiene la finalidad de poder identificar los números reportados por parte del organismo operador que en este caso de estudio correspondía a CONAGUA y SIAPA del agua que está ingresando en las viviendas y poder estimar la cantidad de aguas grises que podrán ser tratadas y reutilizadas.

**Nivel micro cuantitativo:** En esta observable se obtendrá el número promedio de los volúmenes de agua gris que se genera dentro de las viviendas, para poder llevar a cabo esta medición será necesario primeramente el entender e identificar cómo se distribuye el agua potable una vez ingresada en la vivienda (limpieza, higiene, cocción de alimentos, riego etc.), una vez identificado esto será necesario el tener conocimiento de los equipamientos que se tienen dentro del hogar (número de inodoros, lavamanos, regaderas, tarjas, lavadoras, etc.), así como las actividades y costumbres de cada uno de los habitantes (Número de veces al día que: usan el inodoro, se lavan las manos, limpian la casa, lavan alimentos, lavan trastes, lavan ropa, lavan automóviles, riegan áreas verdes etc.), para finalmente obtener una cifra que poder comparar con la cifra de agua potable que ingresa en la vivienda.





**Nivel estadístico / práctico:** Esta observable tiene como finalidad el conocer el panorama actual de las viviendas en la ZMG con respecto a las ecotécnicas, ya que será de mucho valor el conocer cuántas viviendas de las encuestadas poseen algún tipo de instalaciones especiales, el nivel de conocimiento ambiental y sustentable, así como su aceptación y disponibilidad a adoptar estas nuevas tecnologías y hábitos de reutilización en materia del agua por parte de los integrantes del hogar y por último saber si actualmente implementan algún tipo de prácticas o costumbres para el ahorro del agua.

Se pretende establecer un número estimado del agua gris generada, el cual estará en función del agua con posibilidad de tratamiento y que a su vez representará la cantidad de agua que esa vivienda estará reutilizando, generando así una reducción al impacto ambiental que las viviendas generan día con día y brindar una contribución valiosa a la sustentabilidad hídrica. Para poder sustentar todo lo anterior mencionado se llevó a cabo el análisis de información a base de un monitoreo continuo, encuestas y entrevistas realizadas en campo a 10 casos de estudio potenciales, los cuales tenían que poseer las siguientes características:

**A):** Ser perteneciente al grupo social de clase media, media-baja (ingreso promedio mensual por hogar de \$23,451.00 MXN equivalente a 113 salarios mínimos. INEGI,2021),

**B):** radicar dentro de la ZMG (No se aceptan viviendas fuera de estos límites o sin acceso a dotación de agua por parte del SIAPA),

**C):** Permitieron accesos a sus recibos de agua para verificar sus consumos,

**D):** Conocimiento general de su vivienda: número de inodoros, lavamanos, regaderas, tarjas, lavadoras, etc.,

**E):** Permitieron la instalación de medidores de caudal en las áreas establecidas como PCF, así como recabar muestreo de agua de cada una de estas zonas para su posterior análisis con la finalidad de hacer mediciones con respecto a la calidad de agua que se está generando, y por ultimo





### 1.6.2 Ubicación de campos disciplinares

A partir de que la finalidad de este TOG es seleccionar un sistema que nos permita reducir el consumo de agua de primer uso en la vivienda mediante el reciclaje de aguas grises a través de la implementación de instalaciones especiales es fundamental abordar el tema de manera multidisciplinar que nos permita hacer una prospección de un diseño estratégico, por lo tanto, se consideraron los siguientes campos disciplinares:

- Ambiental
- Hidrológico
- Arquitectónico
- Técnico
- Ingeniería hidráulica
- Tecnológico
- Sustentabilidad
- Social
- Cultural

Para la obtención de grado se opta por la modalidad: **Proyecto profesional de desarrollo e innovación**, con una línea de generación y aplicación del conocimiento (LGAC): **Soluciones espaciales al hábitat inmediato** y a su vez una sub-línea: **La sustentabilidad aplicada en el espacio habitable**.

### 1.6.3 Cuadro de operacionalización de variables

Con la finalidad de poder establecer una correcta secuencia y estructuración del **sistema metodológico** presentado se diseñó un condensado de la información necesaria para poderlo llevar a cabo, como se muestra en la Figura 1.3:

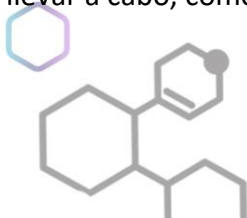


Figura 1.6: Cuadro de operacionalización de variables

Título	<p><b>Estrategias de tratamiento de aguas grises en vivienda vertical mediante la implementación de instalaciones especiales.</b>  <b>Caso de estudio: Zona Metropolitana de Guadalajara</b></p>		
Problema	<p>Alto consumo de <i>agua potable</i> en la vivienda y altos volúmenes de <i>aguas grises</i> generados y desaprovechados.</p>	<p>Las <i>aguas grises</i> generadas en la vivienda terminan desperdiciadas al ser mezcladas con las aguas residuales y sin posibilidad de ser <i>tratadas y reutilizadas</i>.</p>	<p>La ausencia de <i>sistemas e instalaciones especiales</i> para el tratamiento y reutilización de aguas grises en la vivienda para su posterior <i>reutilización</i>.</p>
Hipótesis	<p>El alto consumo de agua potable en la vivienda vertical se puede reducir hasta un 40% mediante el tratamiento y reutilización de las aguas grises que se generan en la vivienda vertical para su posterior reutilización.</p>	<p>Las <i>aguas grises</i> provenientes de la regadera, lavamanos, tarja y lavadora tienen altas posibilidades de ser tratadas para su posterior <i>reutilización</i></p>	<p>Las viviendas no dan ningún tipo de <i>tratamiento ni reutilizan</i> sus <i>aguas grises</i> por falta de <i>sistemas e instalaciones especiales</i> en sus edificaciones.</p>
Interrogantes	<p>¿Cómo podemos reducir el alto consumo de <i>agua potable</i> en la vivienda vertical?</p>	<p>¿Qué estrategias podemos implementar para tratar las aguas grises de una vivienda?</p>	<p>¿Qué instalaciones especiales son necesarias para tratar las aguas grises de una vivienda y poderlas</p>
Objetivos	<p>Generar un proyecto "Tipo" para vivienda vertical que permita la reducción del consumo de agua potable mediante la implementación de instalaciones especiales para el tratamiento de aguas grises generadas en la vivienda y que además permita su replicación en cualquier edificación aunado a una guía de prácticas y sugerencias para incorporar en las actividades cotidianas de los usuarios</p>	<p>Identificación y análisis de puntos de fuga y para ser consideradas áreas de oportunidad para la captación, tratamiento y reutilización de las aguas grises generadas en la vivienda a partir de su composición física, química, microbiológica, organoléptica y radioactiva en función a los límites permisibles establecidos y actualizados y que garantice la calidad de agua que se estará suministrando para uso y manejos por parte de los usuarios.</p>	<p>Determinar cuáles son las instalaciones especiales necesarias, idóneas y asequibles para el tratamiento y reutilización de aguas grises en la vivienda en base a su composición física, química, microbiológica, organoléptica y radioactiva en función a los límites permisibles establecidos y actualizados.</p>
Conceptos	<p><i>Agua Potable / Vivienda Vertical</i></p>	<p><i>Aguas Grises</i></p>	<p><i>Instalaciones Especiales</i></p>
Observables	<p>Consumo de agua potable al día y los usos a los que se destinan.</p>	<p>Volumen de aguas grises generadas en la vivienda producto de las actividades cotidianas de los usuarios y su composición física, química,</p>	<p>Número de viviendas que cuentan con sistemas de tratamiento e instalaciones especiales para el tratamiento de aguas grises y los motivos de las que no las tienen.</p>
Etapas Inv.	<p>01 Perfil de caso de estudio                      03 Consumos de agua potable en la vivienda                      05 Practicas Ecológicas</p>	<p>01 Perfil de caso de estudio                      02 Características especiales de la vivienda                      04 Generación de aguas grises en la vivienda</p>	<p>06 Selección de sistemas y ecotecnologías</p>

Nota: Imagen de elaboración propia

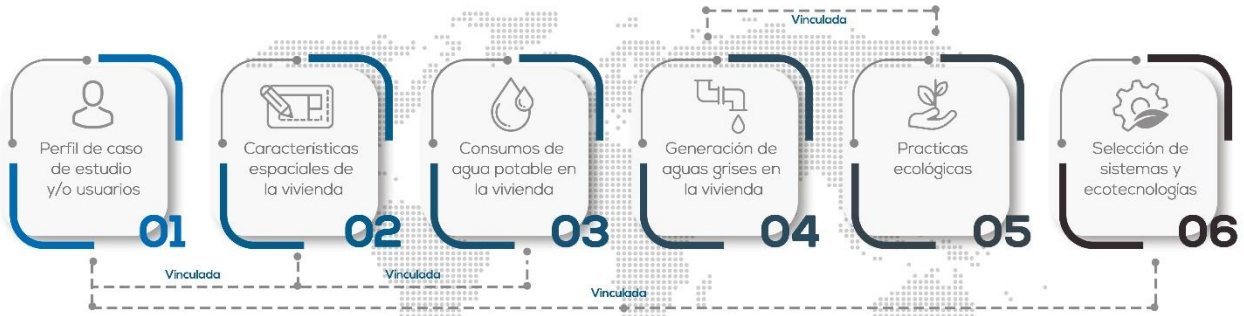
Figura 1.7: Etapas metodológicas

Reporte de Proyecto Profesionalizante

**Estrategias de tratamiento de aguas grises en vivienda vertical mediante la implementación de instalaciones especiales.**



El presente trabajo está basado en una metodología mixta, la parte cuantitativa canaliza toda la información estadística o las mediciones pertinentes. La parte cualitativa tiene la finalidad de poder entender como los hábitos y costumbres de consumo por parte de los usuarios hídricos está estrechamente relacionado con los altos consumos de agua potable y que por ende genera un mayor impacto ambiental de la vivienda. Para poder determinar las herramientas más adecuadas que se emplearan en la obtención de datos se dividió en 6 etapas, las cuales cada una fue desarrollada siguiendo un lineamiento secuencial que permitirá estructurar y comprender la información recibida. Las etapas desarrolladas son las siguientes:



**Objetivo:** Identificar los casos de estudio con mayor potencial, se contemplan características a evaluar como lo es: vivir dentro de la ZCG, contar con cobertura de agua potable en por parte de SIAPA y que el nivel socioeconómico se encuentre dentro del rango de "clase media".

**Herramienta:** Mapeo digital, observación directa In Situ y Cuestionario

**Objetivo:** Reunir la mayor información con respecto a las características físicas de la vivienda para caso de estudio, se contempla obtener información como: m<sup>2</sup> de la vivienda, número de baños, áreas de lavado, cocina, patios, cocheras y cualquier otra que contenga una salida de agua.

**Herramienta:** Cuestionario

**Objetivo:** Determinar que tanta agua consumen las viviendas que fueron seleccionadas, tener acceso a los 3 últimos recibos emitidos por SIAPA y por último instalación de flujómetros en las zonas determinadas como de alto consumo hídrico dentro de la vivienda.

**Herramienta:** Cuestionario, y observación directa con medición continua.

**Objetivo:** Determinar el volumen en litros por día de las aguas grises que se llegan a generar en la vivienda, Esta etapa cuenta con una segunda fase, la cual contempla un muestreo de las aguas grises para su posterior análisis bajo pruebas de laboratorio.

**Herramienta:** Observación directa con medición continua y muestreo químico.

**Objetivo:** Obtención de información con referencia a hábitos de consumo de agua potable con la finalidad de medir el nivel de conocimiento de los usuarios con referencia al cuidado del agua y hábitos ecológicos y las razones por las que no implementa ecotecnologías.

**Herramienta:** Entrevista

**Objetivo:** Investigar cuales son los sistema de tratamiento existen en el mercado en base a factores económicos, facilidad de obtención, instalación y simplicidad de uso, así como el nivel de calidad de agua que el sistema es capaz de generar.

**Herramienta:** Análisis documental, de mercado y entrevista.



Nota: Imagen de elaboración propia



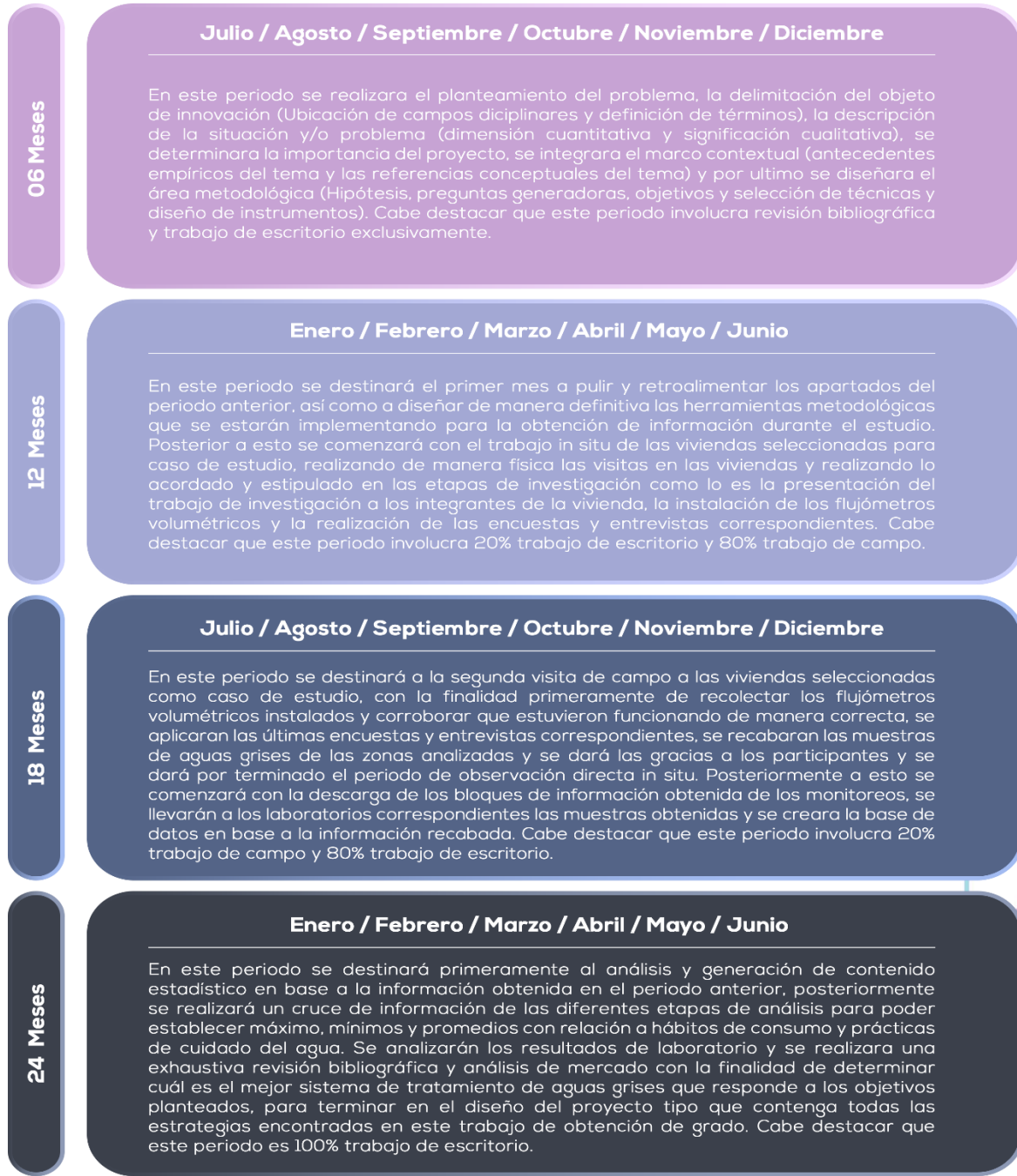
Trabajo para obtener el grado de: Maestro en Proyectos y Edificación Sustentable.



### 1.6.5 Ruta crítica / Cronograma de trabajo

El presente trabajo cuenta con un cronograma de trabajo distribuido en 24 meses, en los cuales se establece de manera puntual las actividades a realizar en cada uno de los 4 periodos en los que se dividieron las actividades, como se puede ver en la Figura 1.4:

Figura 1.8: Cronograma de trabajo



Nota: Imagen de elaboración propia





02

# Antecedentes empíricos del tema

(Estado del arte I)



Alumno: Arq. Quezada Limón Luis Francisco. Asesor: Dr. Flores Elizondo Rodrigo, Agosto 2023



## 2.0 Introducción

Los ODS (Objetivos DE Desarrollo Sustentable) en su apartado/objetivo 6 reportan que la escasez hídrica afecta alrededor del **40%** de la población mundial, **3 de cada 10 personas** no cuenta con acceso a servicios de agua potable y 6 de cada 10 no cuenta con instalaciones de saneamiento del recurso, como consecuencia de esto se estima que alrededor de 892 millones de personas alrededor del mundo defecan al aire libre, lo cual representa un fuerte y grave foco de infección que repercute directamente en la salud de los pobladores, lo anterior se puede apreciar con la estadística de que diariamente mueren aproximadamente **1000 niños** por complicaciones médicas de índole infecciosa, relacionados con la deficiencia en los hábitos de higiene bajos o inexistentes, resultado de la ausencia del recurso hídrico o por consumo de fuentes insalubres y no aptas para consumo humano, generando brotes de enfermedades como la diarrea, fiebre tifoidea, poliomielitis, cólera, etc. En cuestiones de género se tiene registrado que el 80% de los hogares que presentan dificultades al tener acceso al agua encomiendan la tarea de recolección de la misma a las integrantes femeninas de la familia, lo cual pone en riesgo su salud física y su seguridad al exponerse a entornos y situaciones extenuantes.

Figura 2.1: Afectaciones por sequía



Nota: Imagen obtenida de <https://news.un.org/es/story/2023/06/1522027>



El consumo de agua potable ha experimentado un aumento sustancial al sextuplicar la demanda y extracción de agua potable en los últimos 100 años, a su vez dicho aumento presenta un incremento casi regular de **1% anual** y va en aumento en función al continuo crecimiento demográfico y los hábitos de consumo que con esto conlleva (UNESCO, 2020). De la extracción total mundial del agua se puede distinguir y agrupar 3 grandes grupos en los que se distribuye el agua una vez captada y es sector agropecuario, industrial y municipal, en números mundiales se entiende que del 100% del agua mundial captada el **69%** corresponde al sector agropecuario, el **19%** al sector industrial y el **12%** al sector municipal (FCEA, Agua.Org.Mx, 2017).

Como se puede observar el mayor porcentaje del agua captada se concentra en actividades de ganadería y agricultura, siendo estas últimas las de alto consumo hídrico por cuestiones de riego, aunado a esto se agrega la problemática del uso de plaguicidas, fertilizantes y herbicidas que son arrastrados en temporal de lluvia, convirtiendo así a la agricultura la principal fuente contaminante de nitratos y fósforos y la convierte en la principal fuente no puntual de la **contaminación hídrica**.

Figura 2.2: Distribución del agua potable por usos



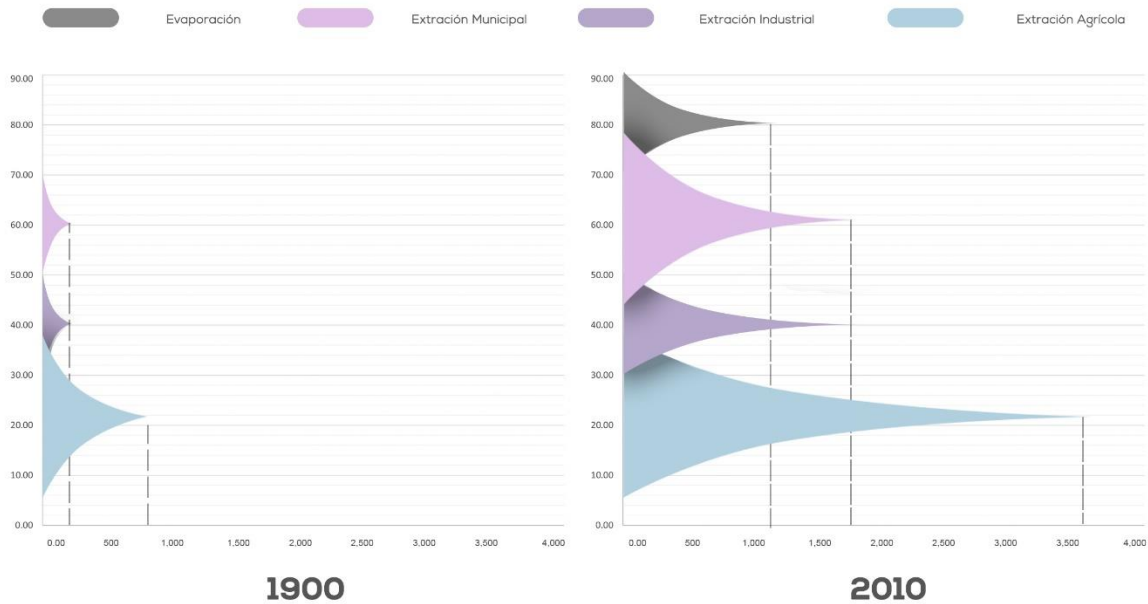
Nota: Imagen redibujada a partir de del centro virtual de información del agua, 2017, disponible en: <https://agua.org.mx/en-el-planeta/#cuanta-hay>





Por último, es importante mencionar que el problema de la escasez del agua va de la mano con la incapacidad de cobertura ante la creciente demanda por parte del crecimiento demográfico, el cual en los últimos 110 años ha experimentado un crecimiento exponencial y se ha convertido un intensificador de la problemática ya que según la FAO en el periodo de 1900 a 2010 la población mundial ha registrado un incremento irregular de **4.4 más** veces lo cual afecta de manera directa a los números registrado de la extracción del agua al incrementarlo en **7.3 más** veces, lo cual se traduce que existe una relación en la que la extracción de agua se incrementó **1.7 más** veces en comparación con el ritmo del crecimiento demográfico (FAO, 2022). Por otro lado, se puede apreciar en le Figura N°04 como en el periodo de 1900 a 1950 los únicos conceptos registrado era la extracción para uso agrícola, para uso industrial y municipal, pero a partir de 1960 comenzó a figurar un nuevo valor de consumo: *La evaporación de lagos artificiales*, lo cual está en directa relación con el cambio climático y el aumento de temperatura que ha experimentado el planeta a lo largo de estos años.

Figura 2.3: Distribución de las fuentes de consumo hídrico



Nota: Imagen redibujada a partir de AQUASTAT - Sistema mundial de información de la FAO sobre el agua y la agricultura, disponible en: [https://firebasestorage.googleapis.com/v0/b/faoaquastat.appspot.com/o/PDF%2FTABLES%2FWWithTimePopAxis\\_eng.pdf?alt=media&token=08abc5c3-d71f-488f-a346-e86cda2d5a](https://firebasestorage.googleapis.com/v0/b/faoaquastat.appspot.com/o/PDF%2FTABLES%2FWWithTimePopAxis_eng.pdf?alt=media&token=08abc5c3-d71f-488f-a346-e86cda2d5a)





## 2.1 El estado del agua en México

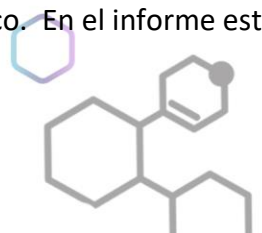
En términos específicos tenemos que en México la CONAGUA en 2019 indico se encuentra en el número **04** del ranking de países con mayor extracción y disposición de agua, así mismo en su reporte señala que del total de agua potable suministrada el **75.7%** es acaparado por el sector agrícola, el **14.7%** por el sector público y el restante 9.6% por el sector industrial como se puede apreciar en la Tabla 01 (CONAGUA, Estadísticas del agua en México, 2019).

**Tabla 2.1:** Países del mundo con mayor extracción de agua y sus porcentajes de distribución

Ranking	País	Extracción total de agua en mm de m2 al año	% Uso agrícola	% Uso Industrial	% A. Público
01	China	598.10	64.40	22.30	13.30
02	EUA	444.30	39.70	47.20	13.10
03	Indonesia	222.60	85.20	4.10	10.70
<b>04</b>	<b>México</b>	<b>88.84</b>	<b>75.70</b>	<b>9.60</b>	<b>14.70</b>
05	Filipinas	85.14	79.60	12.40	8.00
06	Egipto	77.50	79.20	7.00	13.90
07	Fed. De Rusia	69.50	26.20	49.50	24.20
08	Brasil	63.50	55.80	18.10	26.20

*Nota: Imagen redibujada a partir de "Estadísticas del Agua en México, 2019. Agua en el Mundo", pagina 172. Documento disponible en: [https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM\\_2019.pdf](https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2019.pdf)*

Se tiene registro de que aproximadamente el **20%** del total de estas fuentes de aprovisionamiento hídrico presentan una sobreexplotación a nivel mundial, en México se tiene reporte de **105** fuentes subterráneas de abastecimiento (acuíferos) en estado de **sobreexplotación**, lo cual representa serias repercusiones como lo son el hundimiento de suelos así como la intrusión de agua salina, así como la activación de metales nocivos como por ejemplo el Flúor o la mineralización del agua lo cual compromete de manera significativa la calidad del agua para su consumo (FCEA, Agua.Org.Mx, 2017). La disposición del agua en el territorio mexicano se enfrenta una serie de circunstancias y problemas que han estado mermando la cantidad y calidad que se puede suministrar a los ciudadanos, dentro de estos se pueden encontrar problemas de: contaminación, conservación, gestión, distribución, equidad de acceso, de infraestructura y la más preocupante que es el cambio climático. En el informe estadístico emitidos por el Registro Público de Derechos del Agua





(REPDA) establece que en un periodo comprendido entre 2006-2020 se ha registrado un **aumento del 1%** por año de en la demanda del agua por parte de la población de México la cual se destina a la cobertura de sus actividades cotidianas y económicas (REPDA, 2020). La distribución del recurso hídrico en el territorio mexicano presenta un peculiar relación entre porcentaje total de disposición de agua renovable – porcentaje de territorio – porcentaje de producto interno bruto generado - porcentaje total de población, ya que como establece González Villareal la parte Norte, Noroeste y centro del territorio poseen una extensión que abarca el 78% del total del país y albergan el 77% de la población producen el 83% del PIB de México cuentan tan solo con el **33% del agua renovable** y con disposición inmediata, por otra parte el Sureste que solo tiene una extensión del 22% restante del territorio y alberga el restante 23% de la población producen tan solo el 17% del PIB y cuentan con el **67% del agua renovable** disponible y con disposición inmediata del país (Villareal, 2022), lo cual representa un problema a resolver ya que la disposición de agua es un actor fundamental para el desarrollo económico y social de los países.

Para poder precisar la disponibilidad de agua de una ciudad se tiene que partir de diferenciar los niveles que la integran y que como menciona Flores Elizondo son:

- **El agua legal**, que está relacionada con las concesiones que un organismo operador del agua como la CONAGUA en el caso de México otorga a las personas físicas o morales para usar las aguas de ríos, lagos, presas, pozos o norias.
- **El agua real**, que son las cifras exactas de la disponibilidad del agua en físico obtenidas de la medición de las fuentes de abastecimiento y una última, pero de gran importancia que es el nivel y estado físico de la infraestructura que se utiliza para suministrar el preciado líquido a sus usuarios hídricos y que en su mayoría tiende a posicionarse de manera negativa a la hora de determinar la cifra real de la que dispone una ciudad (Flores Elizondo, 2021).





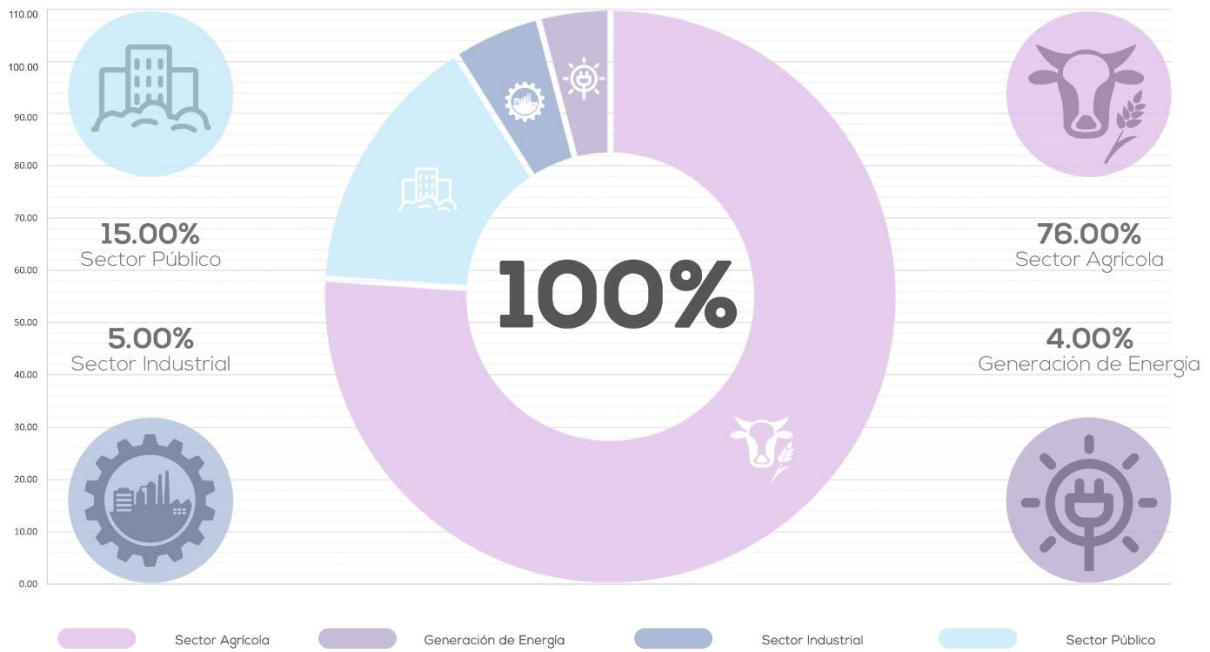
Si bien se tiene registro que México tiene disponible un total de **461,640 hm<sup>3</sup>** de agua renovable por explotar de manera anual (CONAGUA, Estadísticas del agua en México, 2019). Aterrizando lo anterior mencionado encontramos que en 2020 se concesiono un volumen de agua de **89,548 hm<sup>3</sup>** lo cual representa el **19.4%** del volumen total de agua renovable (REPDA, 2020), estos a su vez se estructuran de la siguiente manera:

- El **20%** del agua renovable está distribuida en **653 acuíferos** de los cuales: **157** se encuentran sobreexplotados, **32** presentan suelos salinos y agua salubre, y otros **18** se ven afectados por intrusión marina (SINA, 2021, como se citó en Villareal, 2022).
- El restante **80%** del agua renovable se conforma de **757** cuencas de las cuales: ocho de ellas son transfronterizas, se organizan en 13 regiones hidrológico administrativas y desembocan en 51 ríos principales (CONAGUA, 2019, como se citó en Villareal, 2022).

Para considerar que un país presenta escases de agua en su territorio tiene que disponer de 1,000 m<sup>3</sup> /persona/año o menos, México actualmente se encuentra muy por arriba de este dato registrando **3,620 m<sup>3</sup> / persona/año** lo cual garantiza que no entrara en esta categoría por lo menos hasta el año 2050, sin embargo, reconoce que a nivel nacional hay zonas muy puntuales que si alcanzan a rosar el límite mencionado de manera irregular como lo son Península de Baja California, Río Bravo, Cuencas Centrales del Norte, y Aguas del Valle de México (Villareal, 2022). Dentro de la distribución mencionada en el apartado anterior encontramos que una vez realizada la captación del agua por parte de los organismos concesionarios correspondientes en cada municipio el uso de agua se destina a diferentes actividades, las cuales canalizan diferentes volúmenes de agua y a su vez generan diferentes niveles de estrés y contaminación hídrica, encontrando así que del 100% del agua total obtenida en México el **76%** se destina al sector agrícola, **15%** al uso público, urbano o doméstico, **5%** al uso industrial y el **4%** restante a la generación de energía (Villareal, 2022), como se muestra en la Figura 2.7.



Figura 2.4. Porcentajes de usos del agua



Nota: Imagen de elaboración propia a partir de

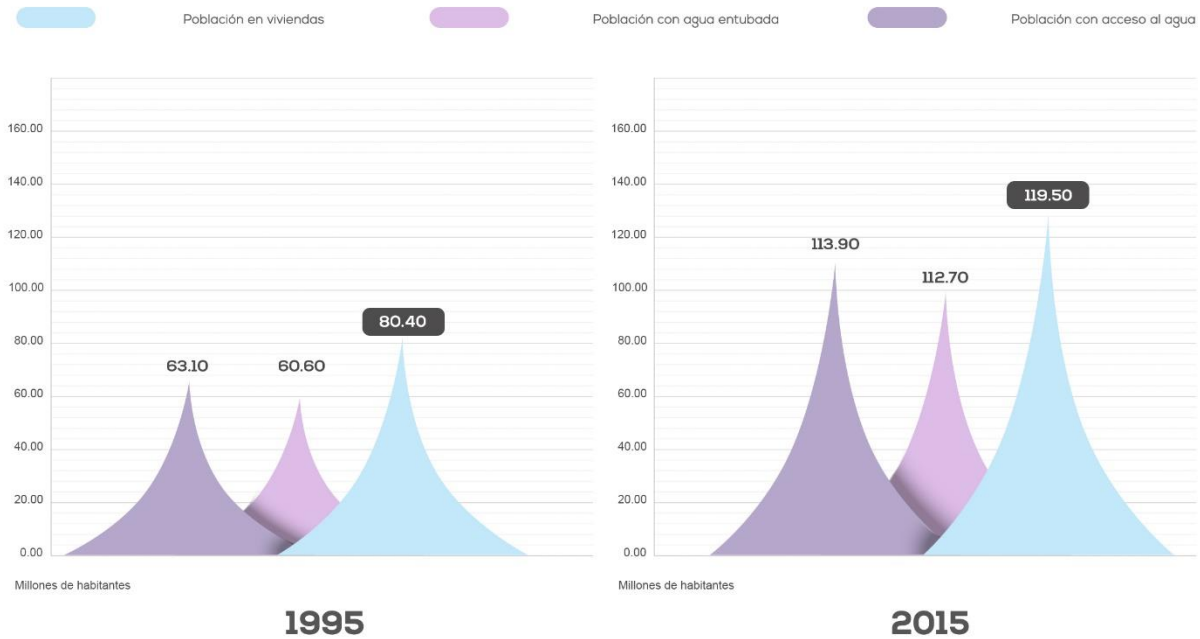
<http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=usosAgua&ver=reporte&o=0&n=regional>

Por otra parte, solo el **58%** de la población total del país puede disponer diariamente agua potable en sus hogares, así como contar con servicios básicos de saneamiento, lo cual contrasta con **los 6 millones** de mexicanos que no tienen acceso a ningún servicio de agua potable en sus viviendas o los **11 millones** que carecen de algún servicio de saneamiento alguno; así mismo es importante reconocer que el 60% de nuestras fuentes hídricas están contaminadas en distintos niveles por las actividades del ser humano, de nuestros 653 cuerpos de abastecimiento 157 presenta algún grado de sobreexplotación, el **40%** del agua suministrada se pierde por el déficit presentado en la infraestructura que en su mayoría se manifiesta en filtraciones por grietas o daños en las líneas de distribución (Villareal, 2022). Por otro lado, la Comisión Nacional del Agua indica que el **24%** de los estados han registrado algún nivel de **vulnerabilidad hídrica** relacionado con el cambio climático en donde las sequías han ganado territorio y presencia de manera exponencial e irregular.



En términos de cobertura de servicio de agua entubada a nivel nacional la CONAGUA en 2015 reporto que contaba con un **94.4%** de las viviendas (CONAGUA, Estadísticas del agua en México, 2019) cómo se puede apreciar en la Figura 2.8.

Figura 2.5: cobertura de servicio de agua entubada a nivel nacional



Nota: Elaboración propia a partir de CONAGUA 2019 y disponible en [https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM\\_2019.pdf](https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2019.pdf)

Es importante recordar a los directivos de planeación urbana que el servicio y calidad del agua potable se ve beneficiado por la concentración urbana, ya que una dispersión enfrenta problemas muy serios para poder abastecer a comunidades que se encuentran distantes de las principales redes de abastecimiento y que a su vez representa una mayor inversión de mantenimiento y operación lo cual se traduce en **múltiples fallas** a nivel de infraestructura y que desemboca en grandes volúmenes de desperdicio de este recurso. Demográficamente hablando en 2020 México reportó 35,219,141 viviendas habitadas registradas y un índice de población de 126,014,024 personas. De estas viviendas solo **27,277, 862** cuentan con servicios de agua potable lo que representa el **77.45%** de cobertura total como muestra la Tabla 2.2 y lo cual refleja una disminución significativa en términos de cobertura en comparación con 2015 donde se contaba con un **94.4%** de cobertura total (INEGI, Viviendas particulares habitadas por entidad federativa según disponibilidad de servicios, serie de años censales de 2000 a 2020, 2020).



**Tabla 2.2** Viviendas particulares habitadas según disponibilidad de servicios, serie de años censales de 2000 a 2020

Entidad federativa	Disponibilidad de servicios	2000	2005	2010	2020
Estados Unidos Mexicanos	Total viviendas particulares habitadas	21,513,235	24,006,357	28,138,556	35,156,897
	Disponen de energía eléctrica	20,445,525	23,194,511	27,515,030	34,805,976
	Disponen de agua entubada dentro de la vivienda	18,139,843	21,086,978	24,808,420	27,277,862
	Disponen de drenaje	16,800,934	20,825,049	25,410,351	33,564,054
	Disponen de sanitario	19,291,237	22,261,664	26,848,166	34,478,503

Nota: Tabla obtenida de INEGI (2020) [www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=Vivienda\\_Vivienda\\_04\\_1fb94584-4816-4435-a1b7-4689b8d2ee81](http://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=Vivienda_Vivienda_04_1fb94584-4816-4435-a1b7-4689b8d2ee81)

En base a esta información se observa un **aumento del 63.71% de viviendas** habitadas en México entre los años censales 2000 – 2020. Además, se puede observar que no todas las viviendas cuentan con la infraestructura o servicios básicos, siendo el agua entubada dentro de la vivienda la que más deficiencia presenta en términos de cobertura (INEGI, 2020). Por otra parte, Infonavit presentó los resultados de la Encuesta de Necesidades de Crédito y Vivienda del segundo trimestre de 2022 en la cual señala que, en el primer trimestre de 2022, el Índice de Intención de Adquisición de Vivienda (IIAV) en México **creció 12.6 puntos** respecto del primer trimestre de 2022. Con esto, el índice aceleró su tendencia de crecimiento, lo cual indica que la demanda de vivienda por parte de los ciudadanos va en aumento, cosa que no sucede de manera proporcional con la oferta de vivienda en el país y la disponibilidad de los municipios de poder suministrar agua potable a todos los nuevos desarrollos.

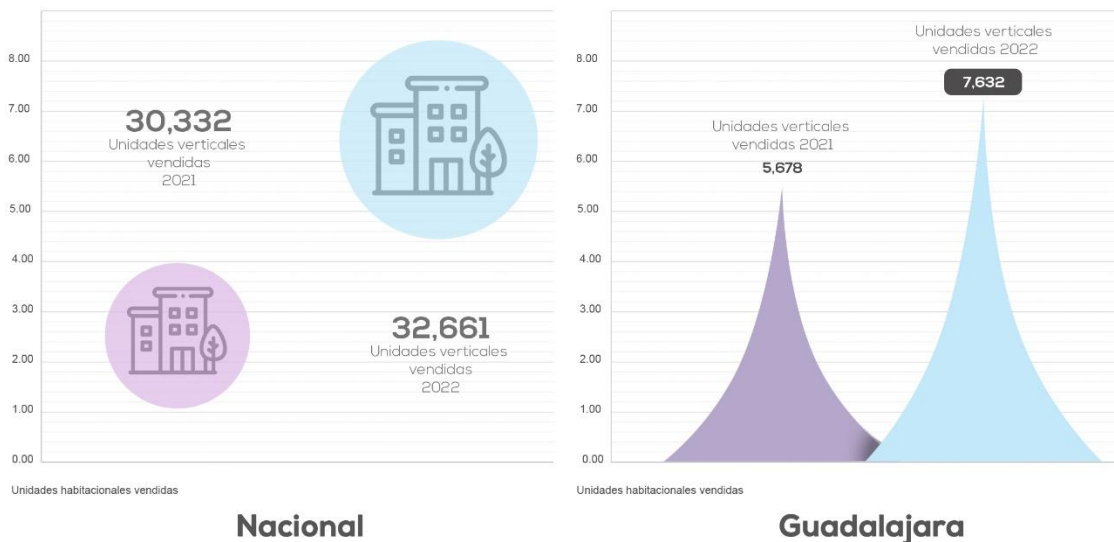
En el documento emitido por CONAPO denominado “Proyecciones de los hogares y las viviendas de México y de las entidades federativas, 2005-2050” menciona que para el año 2030 habrá un **aumento del 44%** en núcleos familiares, traducándose en la creación de **14 millones** de nuevas familias, lo cual repercutirá en la necesidad de edificar **13.7 millones** de viviendas adicionales. Si esta proyección se cumple tenemos que para 2050 el número de hogares alcanzara la cifra de **45.1 millones**, lo cual representa un gran reto de cobertura del servicio de agua por parte de los organismos operadores concesionados (CONAPO, 2008). Por último y entrando en materia que compete a este trabajo de obtención de grado en





2022 según la firma 4S Real Estate se registró un registro de colocación histórica con respecto a la edificación y viviendas verticales en territorio nacional, puesto que según registros de la misma firma en 2021 se generaron y cerraron venta un total de **30,332** unidades, sin embargo, dicha cifra **augmentó un 7.7%** en el año 2022 con una cifra de **32,661** unidades verticales edificadas y vendidas (Estate, 2023). Cabe destacar que dicho aumento va directamente relacionado con el aumento demográfico, el alza de la demanda del mercado por unidades habitacionales de índole vertical, la cual ha adquirido mayor relevancia en el mercado inmobiliario y la poca o nula disponibilidad de terrenos dentro de las periferias de las grandes ciudades. De igual manera es importante señalar que este fenómeno se ve acrecentado por la composición de la sociedad, la cual se encuentra integrada de 4 diferentes generaciones, las cuales tiene sus necesidades especiales de viviendas muy marcadas y distintas entre sí. Por último, es importante señalar que hablando más específicamente del caso de estudio (Jalisco) este reportó un **aumento del 34.42%** en las unidades verticales edificadas y vendidas de 2021 a 2022 con un total de **7,632 unidades** vendidas (Estate, 2023) tal y como se observa en la Figura 2.9:

**Figura 2.6:** Relación de incremento en la edificación y ventas de unidades verticales en el mercado inmobiliario 2021 / 2022



Nota: Imagen de elaboración propia a partir de <https://www.economista.com.mx/econohabitat/Venta-de-vivienda-vertical-registro-colocacion-historica-durante-el-2022-20230408-0024.html>





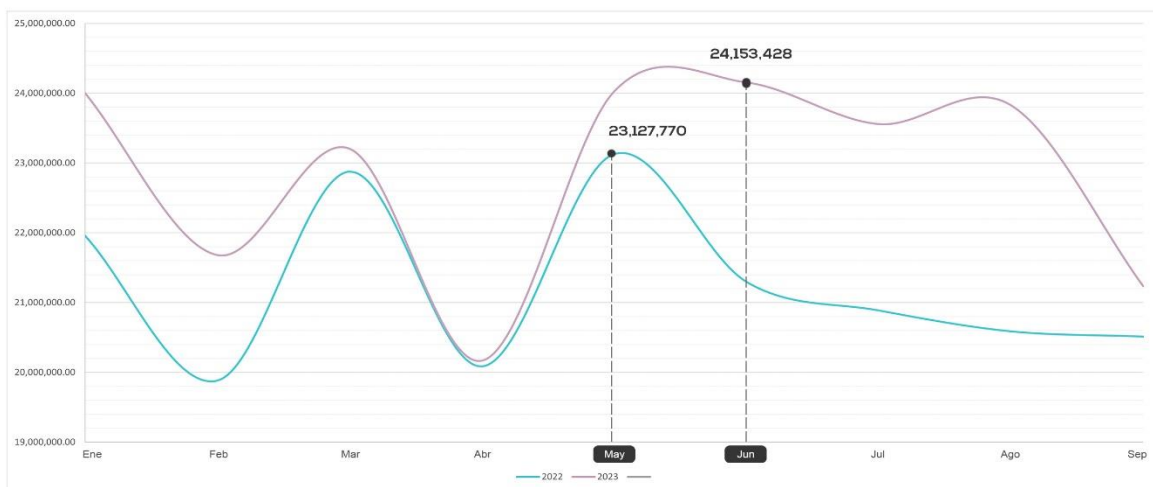
### 2.3 Consumo de agua potable en el caso de estudio (ZMG)

La ZMG presenta un abastecimiento hídrico proveniente tanto de reservas superficiales como de subterráneas, así mismo SIAPA declara que su servicio tiene un rango de cobertura de un **80%** de la población que radica en la urbe. Dicho servicio se ve alimentado por **3** grandes fuentes superficiales que son:

- *Planta de bombeo Chapala*
- *Planta de bombeo N°2*
- *Presa Ing. Elías González.*

En 2023 el SIAPA reportó que dichas fuentes alcanzaron un volumen total de agua potable abastecida a la zona metropolitana de **274,329,454 m<sup>3</sup>** en el periodo de Enero / Diciembre, de los cuales **158,421,386 m<sup>3</sup>** fueron extraídos de la planta de bombeo de Chapala. Así mismo Reporto que el mes en el que más se dispuso del agua fue el mes de Junio con una extracción total de **24,153,428 m<sup>3</sup>** , así mismo es importante señalar que en comparativa con los volúmenes de agua extraídos que presento el reporte de actividades del SIAPA 2022 se puede observar un aumento considerable en dichos volúmenes extraídos, los cual indica un aumento en la demanda por parte de la población (SIAPA, Reporte de actividades y resultados , 2023), tal y como se puede apreciar en la Figura 2.9:

Figura 2.7: Volúmenes extraídos de fuentes de abastecimiento

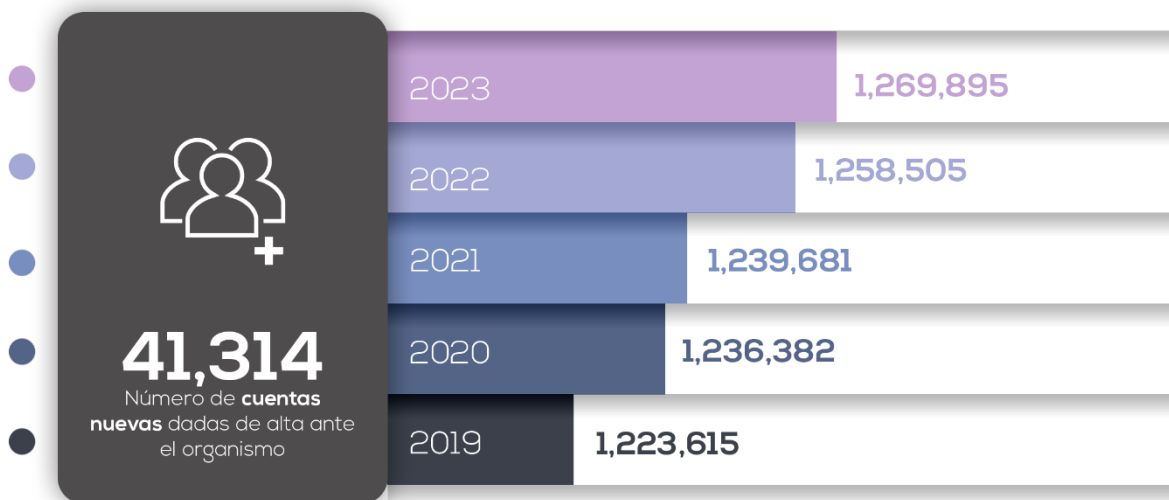


Nota: Imagen de elaboración propia a partir de Informe de Actividades SIAPA 2023



Por otro lado, en este mismo reporte SIAPA indica que la demanda por la cobertura del servicio de agua potable en la ZMG va en aumento constante desde 2019, puesto a que desde esta fecha se ha registrado un aumento de **46,280 usuarios nuevos**, lo cual se traduce en un total de **41,314 número de cuentas nuevas** dadas de alta ante el organismo, destacando que en el año 2019 fue el año con el número más alto de registro de cuentas nuevas con **1.80%** de aumento en comparación al año 2018 (SIAPA, Reporte de actividades y resultados , 2023), como se muestra en la Figura 2.10.

**Figura 2.8:** Padrón de usuarios registrados ante el organismo



*Nota: Imagen de elaboración propia a partir de Informe de Actividades SIAPA 2023*

Así mismo reporta una relación de la cantidad de usuarios y/o cuentas de cada uno de los municipios de la ZMG a la que SIAPA brinda servicio, resaltando que el municipio con el mayor número de cuentas es **Guadalajara con 453,337 cuentas**, seguido de Zapopan con 448,862 cuentas, el tercer puesto lo tiene San Pedro Tlaquepaque con 193,910 cuentas y por último se encuentra Tonalá con 173,786 cuentas. En el año 2020 por primera vez se dio cobertura a **4,602 viviendas** correspondientes al municipio del Salto. De los 4 municipios mencionados es Zapopan el que presentó el mayor crecimiento de número de cuentas con un aumento de **25,442** cuentas entre 2019 a 2023. Por otro lado, SIAPA entrega una relación de su padrón de usuarios haciendo una diferenciación por tipo, contemplando para esto 5 tipos de usuarios:





- *Gobierno*
- *Baldío*
- *Industrial*
- *Comercial*
- *Doméstico*

De los cuales encabeza la lista el uso doméstico con un total de **1,096,733 número de usuarios**, lo cual representa un **86.43%** del total de usuarios a los que abastece SIAPA (SIAPA, Reporte de actividades y resultados , 2023), como se puede apreciar en la Figura 2.11.

Figura 2.9: Padrón por tipo de usuario



Nota: Imagen de elaboración propia a partir de Informe de Actividades SIAPA 2023

Por último, en este reporte indica que en 2023 los meses de Abril / Mayo / Junio fueron los de mayor demanda de abastecimiento por parte de la ZMG registrando un volumen total de agua potable abastecida de **84,333,342 m<sup>3</sup>**, entregando un volumen medio diario de **926,740.50 m<sup>3</sup>**, lo cual equivale a **10.73 m<sup>3</sup>/seg** y que se traduce en una dotación de **221 de litros por habitante al día**. Por otro lado, SIAPA registro que el mes de Junio presento el pico máximo de gasto suministrado con una cifra de **12.24 m<sup>3</sup>/seg** superando así el gasto medio por segundo de **10.73 m<sup>3</sup>/seg** que corresponda al segundo trimestre de 2021 (SIAPA, Reporte de actividades y resultados , 2023).



03

# Referencias conceptuales del tema

(Estado del arte II)



Alumno: Arq. Quezada Limón Luis Francisco. Asesor: Dr. Flores Elizondo Rodrigo. Agosto 2023



### 3.0 Introducción

La escasez del agua va en aumento, por lo tanto, reconocer la importancia de la recolección **tratamiento y reutilización de las aguas residuales** se ha posicionado como un tema de gran importancia y de urgente implementación. Como se menciona en el *Informe Mundial sobre Desarrollo de los Recursos Hídricos* la reutilización de las aguas residuales es un factor fundamental que fomentará la disminución de la contaminación en las fuentes de abastecimiento hídricas, así como una **recuperación y renovación** de las mismas.

Las **Aguas Grises** son un subgrupo perteneciente a las aguas residuales, se entiende como agua residual al agua resultante de cualquier actividad humana. A excepción de los países con un alto nivel de desarrollo la mayoría de la infraestructura de las ciudades en todo el mundo no cuentan con sistema de captación y tratamiento de aguas residuales adecuados, por lo tanto terminan vertiendo estos desechos directamente en el medio ambiente, esto se debe en gran medida a la falta de información en materia ya que como menciona la Directora de la Unesco Irina Bokova de los 181 países consultados en temas de *tratamiento de aguas grises* solo **55** de ellos contaban con información relacionada al tema, de la cual en su mayoría se encontraba muy desactualizada y no podía enfrentar la problemática actual que gira en torno al tratamiento de aguas residuales (WWAP, 2017). La desinformación suele ser utilizada como justificación por parte de las autoridades al momento de cuestionarles de las malas prácticas por parte de los órganos de gobierno en torno a **¿Qué se hace con las aguas residuales de la ciudad?** Por lo general terminan siendo vertidas en el medio ambiente siendo los ríos los más afectados; esto genera múltiples repercusiones en diferentes ámbitos como lo son problemas de tipo:

- *Ambiental*
- *Salud humana*
- *Actividad económica*
- *Justicia social y equidad en el acceso al agua*
- *Seguridad alimentaria*



De dichas problemáticas las comunidades rurales son las primeras en resentir las consecuencias al satisfacer sus necesidades básicas de los cuerpos hídricos más próximos que tienen a su alcance y de los cuales disponen sin un tratamiento previo. De manera general los impactos generados por la mala gestión de las aguas residuales se pueden agrupar en 3 grandes grupos: **Salud, Medio ambiente y Economía**. De los cuales el factor económico es el que presenta el peor panorama como se puede observar en la Tabla 3.1

**Tabla 3.1:** Efectos colaterales producto de la mala gestión de aguas residuales

Impactos en	Ejemplos de impactos
Salud	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la carga de morbilidad debido a la reducción de la calidad del agua potable</li> <li>• Aumento de la carga de morbilidad debido a la reducción de la calidad del agua de baño</li> <li>• Aumento de la carga de morbilidad debido a alimentos nocivos (pescado contaminado, verduras y otros productos de regadío)</li> <li>• Aumento del riesgo de morbilidad cuando se trabaja o se juega en un área irrigada por aguas residuales</li> </ul>
Medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de la biodiversidad</li> <li>• Degradación de los ecosistemas acuáticos (por ejemplo, eutrofización y zonas muertas)</li> <li>• Olores desagradables</li> <li>• Disminución de oportunidades recreativas</li> <li>• Aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero</li> <li>• Aumento de la temperatura del agua</li> <li>• Bioacumulación de toxinas</li> </ul>
Economía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de la productividad industrial</li> <li>• Reducción de la productividad agrícola</li> <li>• Reducción del valor de mercado de los cultivos cosechados, si se usan aguas residuales peligrosas para el riego</li> <li>• Reducción de las oportunidades de actividades recreativas acuáticas (reducción del número de turistas o reducción de la disposición a pagar por los servicios recreativos)</li> <li>• Reducción de las capturas de peces y mariscos, o reducción del valor de mercado de pescados y mariscos</li> <li>• Aumento de la carga financiera sobre la asistencia sanitaria</li> <li>• Aumento de las barreras al comercio internacional (exportaciones)</li> <li>• Costos más altos del tratamiento del agua (para el suministro humano y otros usos)</li> <li>• Reducción de precios de propiedades cerca de masas de agua contaminadas</li> </ul>

*Nota: Tabla obtenida de Agua residuales: Un recurso desaprovechado, UNESCO 2017 y disponible en <https://aneas.com.mx/wp-content/uploads/filr/16080/Informe%20Mundial%20del%20Agua%202017.pdf>*

El **80% de las aguas residuales** producidas a nivel mundial **no recibe ningún tipo de tratamiento** y terminan siendo vertidas a mares y ríos provocando una grave afectación ambiental al ser foco de contaminación hídrica de gran impacto (ONU, Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2015). En base a lo anterior mencionado el ODS 06 incita a los gobiernos, organizaciones y población en general a hacer una mejor gestión de los recursos hídricos, prestando mayor atención a la calidad del agua, el tratamiento de aguas residuales, protección de ecosistemas, saneamiento e higiene (ONU, Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2015).





### 3.0.1 Calidad de agua en México

Antes de entrar de lleno con el tema de las aguas grises es necesario dejar en claro la calidad del agua que se está suministrando en los hogares de la ZMG con la finalidad de poder diferenciar los componentes ya sea físicos, químicos u organolépticos que vienen directo del municipio o son adquiridos como resultado de las actividades del hogar. Para poder garantizar la salud de los usuarios dentro de la vivienda es importante tener en cuenta la **calidad del agua** que oferta el municipio, esto en base a un análisis exhaustivo de una serie de muestras obtenidas de un cuerpo hídrico, sujetándolas a diferentes pruebas establecidas por **estándares de calidad y normas**. La degradación de la calidad del agua en las fuentes de abastecimiento de las ciudades se ve afectada por una serie de factores como lo son: malas prácticas en el desarrollo económico e industrial, aumento de aguas residuales vertidas en el medio ambiente, intensificación de las actividades agropecuarias y el más reciente que se ha presentado que es el cambio climático.

Si bien no es hasta 1993 que CONAGUA estableció el primer análisis de clasificación de los cuerpos de agua de abastecimiento en base a su composición para poder determinar su pureza y por ende su **viabilidad de consumo humano** (Villareal, 2022). Se encontró que en 4 cuencas (San Juan, Balsas, Pánuco y Lerma) se encontraban en un alto índice de contaminación al ser las receptoras del 50 % de las aguas residuales generadas por los asentamientos circundantes (CEMDA, 2006). Para lograr un correcto análisis de la composición del agua se evalúan a partir de 4 indicadores base los cuales son: la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (**DBO5**), la Demanda Química de Oxígeno y (**DQO**), los Sólidos Suspendidos Totales (**SST**) lo cual permitirá determinar si la calidad del agua corresponde a una de origen hasta cierto punto natural, indicios leves de presencia de actividad humana o en su peor caso un índice alto de actividad humana evidenciado por la presencia de aguas residuales que incapacitan al cuerpo de agua a desarrollar o mantener una biodiversidad acuática (CONAGUA, Estadísticas del agua en México, 2019).





En 2018 la CONAGUA monitoreó la calidad del agua arrojando como resultado que de los 4 indicadores a los que se meten (DBO5, DQO, SST Y CF) la calidad de agua en México se encuentra entre **“Aceptable y Excelente”** como se muestra en la Figura 3.1

Figura 3.1 Resultados de calidad de agua en México, monitoreo CONAGUA 2018



Nota: Grafico obtenido de Conagua 20190 “Perspectivas del agua en México” y disponible en <https://aguacapital.org/Perspectivas-del-Agua-en-Mexico.pdf>

Lo anterior mencionado es a términos globales a nivel Nacional, sin embargo, si acotamos y filtramos los resultados al nivel del caso de estudio encontramos que la calidad del agua en jalisco que corresponde directamente de la Región Hidrológica VIII (Lerma Santiago Pacífico) pasa de tener una calidad “Excelente / Buena” a una calidad **“Aceptable /Contaminada”** debido principalmente a los bajos resultados obtenidos en los Coliformes Fecales (CF) de las cuales el **34%** de los resultados pertenecientes a este rubro resultaron con una calidad **“Fuertemente Contaminada”** (CONAGUA, Estadísticas del agua en México, 2019) como se puede observar en la Tabla 3.2 a continuación:





**Tabla 3.2:** Porcentuales de los resultados de las regiones hidrológicas bajo el indicador de Coliformes Fecales

Región hidrológico-administrativa		Excelente	Buena Calidad	Aceptable	Contaminada	Fuertemente Cont.
I	Península de Baja California	72.6	3.1	6.3	10.8	7.2
II	Noroeste	32.9	3.9	24.3	23	15.9
III	Pacífico Norte	23	4.7	21.1	42.6	8.6
IV	Balsas	18.2	2	12.8	11.9	55.1
V	Pacífico Sur	47.9	4.1	14.8	21.9	11.3
VI	Río Bravo	33.7	7.7	17.6	12.1	28.9
VII	Cuencas Centrales del Norte	32.1	13.2	35.9	9.4	9.4
VIII	Lerma Santiago Pacífico	18.1	4.8	15.2	27.9	34
IX	Golfo Norte	25.1	4.1	14.9	27	28.9
X	Golfo Centro	11.4	3.9	15.4	32.5	36.8
XI	Frontera Sur	50.1	5.6	12.3	23.6	8.4
XII	Península de Yucatán	74.5	6.1	12.8	6.6	0
XIII	Aguas del Valle de México	28.4	2.7	8.1	24.3	36.5
<b>Nacional</b>		<b>32.9</b>	<b>4.6</b>	<b>15.2</b>	<b>23.2</b>	<b>24.1</b>

*Nota: Imagen de elaboración propia a partir de Conagua 20190 "Perspectivas del agua en México" y disponible en <https://aguacapital.org/Perspectivas-del-Agua-en-Mexico.pdf>*

Las conclusiones de dicho estudio expresan que los cuerpos hídricos de abastecimiento presentan afectaciones por contaminación ambiental derivados de las descargas de aguas residuales no tratadas y que representan un fuerte foco de contaminación y transmisión de enfermedades. De la región que compete al presente trabajo de investigación reporta que en el caso de la Región Hidrológica Lerma Santiago Pacífico se analizaron un total de 840 puntos clave, de los cuales **220 (26.2%)** presentaban altos índices de Escherichia coli, coliformes fecales, sólidos suspendidos totales y/o porcentaje de saturación de oxígeno disuelto y que por ende quedaban fuera de norma, **449 (53.5%)** presentaban altos índices de DBO, DQO, toxicidad y/o enterococos y por ende quedaban fuera de norma, por ultimo **171 puntos clave (20.4%)** presentaban todos los indicadores analizados dentro de la reglamentación establecida (CONAGUA, 2019).

Si hablamos de la principal fuente de abastecimiento superficial con la que cuenta la ZMG que es "El Lago de Chapala" encontramos que se analizaron un total de 35 puntos clave, de los cuales **19 (54.3%)** presentaban altos índices de coliformes fecales y por ende quedaban fuera de norma, los restantes **16 puntos clave (45.7%)** presentaban todos los indicadores analizados dentro de la reglamentación establecida (CONAGUA, 2019).





Por último, este informe de resultados indico que de las descargas de agua residuales detectadas involucraban un total de 375 descargas industriales, de las cuales se enlistaban más de 35 giros distintos y que en su mayoría pertenecían a parques industriales, en este listado podemos encontrar empresas y zonas industriales como:

- Barcel
- PEMEX
- Comisión Federal de Electricidad
- Planta de tratamiento de Aguas Residuales Salamanca
- Univex
- La zona industrial de Toluca
- P.I. Santiago Tianguistengo y Ocoyoacac
- Rastros
- Parques de piel
- PTAR Abasolo

*“Entre los contaminantes presentes de mayor índice podemos encontrar: grasas y aceites, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, nitrógeno total, fósforo total, cianuros, cobre, cromo, mercurio, níquel, zinc, coliformes fecales, demanda química de oxígeno, sustancias activas al azul de metileno, sólidos disueltos totales, aluminio, bario, boro carbono orgánico, cloruros, color, fierro, fluoruros, manganeso, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal, sulfatos, y sulfuros, así como 2 y 4 nitrofenol, benceno, BTEX, compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles, fenoles, hidrocarburos, hidrocarburos aromáticos polinucleares y naftaleno y toxicidad. Los compuestos tóxicos orgánicos encontrados son: Bis-(2-etilhexil)ftalato, Dietilftalato, Isoforona, Nitrosodimetilamina, N-Nitrosodi-N-propilamina, Fenoles totales, Halometanos, Hexacloroetano, 1,1-Dicloroetano, Tetracloroetileno, Tricloroetileno, Hexaclorobenceno, Paratión metílico, Aldrín, Dieldrín, Endrín, Lindano, Metoxicloro, Pentaclorofenol, 2,4-Dinitrotolueno, Clorobenceno, Nitrobenceno, Acenafteno, 1,4-Diclorobenceno, Bis (2-cloroetil) éter, Bis (2-cloroisopropil) éter, Hexaclorobutadieno y Hexaclorociclopentadieno” (CONAGUA, 2019).*





Por otro lado, en su reporte de actividades 2023 SIAPA indico que en el periodo de Enero / Diciembre ha realizado un total de **787,154 análisis** de laboratorios con la finalidad de asegurar la calidad de agua potable suministrada (SIAPA, 2023), cabe destacar que dichas pruebas fueron aplicadas en las tomas domiciliarias para contemplar posibles contaminantes adquiridos en el recorrido del agua por la infraestructura y contemplaron valores como:

- Cloro libre residual
- pH
- Turbiedad
- Organolépticos
- Coliformes

Entre los resultados de dichos análisis sobresale que según el reporte emitido por la institución la sección de Coliformes totales y fecales el indicador estaba marcado como **“No Detectado**, (SIAPA, 2023), como se puede apreciar en la Tabla 3.4. En base a esta información y la emitida por CONAGUA se puede concluir que el agua potable de entrada para primer uso se encuentra libre de contaminantes y es **“apta para contacto y consumo humano”** en base a reglamentación.

**Tabla 3.3:** Resultados de calidad del agua en tomas domiciliarias (Septiembre).

Parámetro	Unidad	Muestreo 01	Muestreo 02	Muestreo 03	Muestreo 04	Muestreo 05	NOM-127
Cloro Libre Residual	mg/l	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0,2 - 1,5
Temperatura	° C	27	26	26	27.9	27.3	
pH	pH	7.3	6.71	7.38	7.08	7.4	6,5 - 8,5
Turbiedad	UTN	3.85	2.86	2.4	3.47	2.98	4
Color Aparente	U Pt-Co	47	42	58	37	69	
Color Verdadero	U Pt-Co	15	17	16	16	16	15
Coliformes Totales	UFC/100 ml	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	No Detectable
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	No Detectable

*Nota: Imagen de elaboración propia a partir de SIAPA Puntos de monitoreo de calidad del agua suministrada y sus resultados. Acumulado Enero-Septiembre 2023.*





### 3.1 ¿Qué son las aguas grises?

Antes de entrar en materia de aguas grises es importante comprender que las aguas grises son un subgrupo proveniente de las aguas residuales y se entiende por aguas residuales a todas aquellas que en su origen eran agua de primer uso, las cuales fueron alteradas de manera negativa o contaminadas con agentes externos (en su mayoría de origen químico) como resultado de las actividades humanas de diversa índole. Su composición por lo general es de **99%** agua y **1%** de sólidos disueltos, suspendidos o coloidales (WWAP, Agua residuales: Un recurso desaprovechado, 2017). Dependiendo de la composición de las aguas residuales como resultado de las actividades a las que fueron sometidas estas se pueden clasificar en descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas (CONAGUA, Estadísticas del agua en México, 2019).

La cantidad de contaminación que puede generar 1 litro de agua residual varía significativamente según su composición y origen. Las aguas residuales pueden contener una amplia gama de contaminantes, de los cuales entre los más peligrosos encontramos que una colilla de cigarro puede contaminar ocho litros de agua, un solo litro de aceite doméstico contamina 1000 litros de agua o que incluso un litro de aceite usado de coche puede contaminar 1 000 000 de litros de agua (Eco-Intellutions, 2019). Hablando en términos generales los componentes de las aguas residuales se pueden clasificar en:

- **Físicos:** *Temperatura, color, olor y sólidos disueltos* (Ecomar, 2020).
- **Químicos:** *Los componentes químicos que más abundan en las aguas residuales son los orgánicos (carbohidratos, grasas animales, aceites, pesticidas, fenoles, proteínas, compuestos orgánicos volátiles, etc.); inorgánicos (alcalinidad, cloruros, metales pesados, nitrógeno, PH, fósforo, contaminantes prioritarios y azufre); gases (sulfuro de hidrógeno, metano y oxígeno)* (Ecomar, 2020).
- **Biológicos:** *Los componentes biológicos más habituales en estas aguas son animales y plantas* (Ecomar, 2020).





Para garantizar una correcta administración y gestión de las aguas residuales la UNESCO establece 4 áreas de oportunidad en las cuales se debe poner especial atención al momento de intervenir estas aguas las cuales son:

- Prevención o reducción de la contaminación en la fuente, en términos de carga de contaminación y volumen de aguas residuales producidas
- Eliminación de contaminantes de las corrientes de aguas residuales
- Uso de aguas residuales (es decir, reutilización del agua)
- Recuperación de subproductos útiles, el cual se puede considerar de mayor valor rentable por el abanico de posibilidades que ofrece el correcto tratamiento de las aguas residuales (WWAP, Agua residuales: Un recurso desaprovechado, 2017).

Lo cual le da un mayor valor agregado en términos económicos y a la vez apoya al desarrollo de estrategias que mitigan los efectos del cambio climático y a la vez aportar soluciones en materia de conservación en la **sustentabilidad hídrica** del mundo. Así mismo en los *Objetivos de Desarrollo Sustentable* en su apartado 6.3 indica que el tratamiento de aguas grises y el fomento a la reutilización de aguas genera una **economía circular** al reducir el consumo de agua potable en las actividades económicas y al mismo tiempo abaratar costes de producción al reducir el agua virtual empleada en los procesos de fabricación de algún producto (WWAP, Agua residuales: Un recurso desaprovechado, 2017). Por otro lado, el secretario general de Naciones Unidas Antonio Gutiérrez lanzó un mensaje institucional durante la celebración del Día Internacional del Agua en el cual decía:

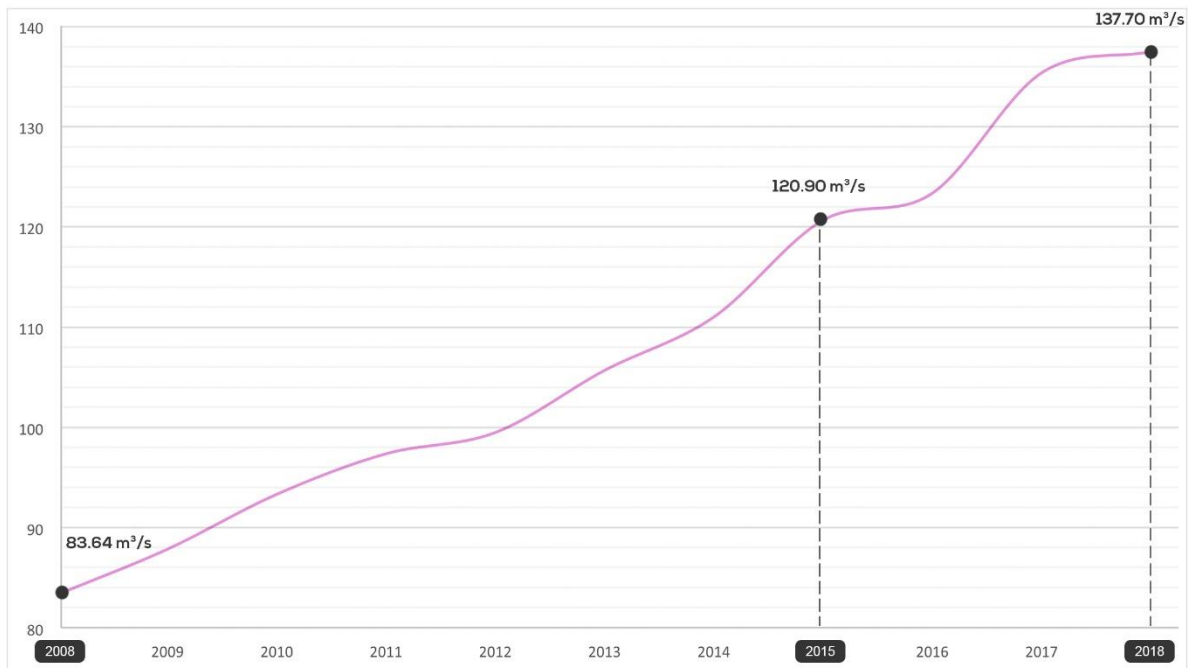
*“No hay ningún aspecto del desarrollo sostenible que no dependa fundamentalmente del agua. Un ciclo de agua bien administrado que abarca agua potable, saneamiento, higiene, aguas residuales, gobernanza transfronteriza o medioambiente significa una defensa contra la mala salud y la indignidad, y, también, una respuesta a los desafíos del cambio climático y la creciente demanda mundial” (Gutierrez, 2021).*





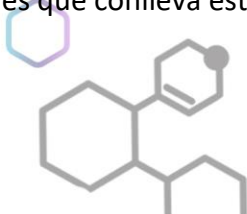
CONAGUA en 2019 reporto que se estima se genera una cantidad de aguas residuales de **7.43 miles de  $hm^3/año$  ( $235.6 m^3/s$ )**, de los cuales **6.81 miles de  $hm^3/año$  ( $215.8 m^3/s$ )** son captadas por el sistema de alcantarillado y tan solo son tratadas **4.34 miles de  $hm^3/año$  ( $137.7 m^3/s$ )** en alguna de las **2,540** plantas tratadoras del territorio mexicano. Así mismo este organismo reporto que en 2018 se trataron alrededor de  **$137.7 m^3/s$**  de aguas residuales a nivel nacional (CONAGUA, Estadísticas del agua en México, 2019), lo cual en comparación con las aguas tratadas en 2008 se aprecia un aumento del **64.6%** ya que en 2008 se trataron un total de  **$83.64 m^3/s$**  de aguas residuales. De igual manera se observa que desde 2008 se ha presentado un incremento constante en el tratamiento de aguas residuales lo que además de indicar que los municipios ya están tomando cartas en el asunto en el tema del cuidado del agua se puede observar que el consumo del agua en la vivienda va en aumento tal y como se puede observar en la Figura 3.2.

Figura 3.2: Caudal de aguas residuales municipales tratadas ( $m^3/s$ )



Nota: Grafico obtenido de CONAGUA 2019 y disponible en [https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM\\_2019.pdf](https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2019.pdf)

Una vez establecido el concepto de “Aguas Residuales” y tener noción de los aspectos esenciales que conlleva este tema podemos entrar de lleno con el tema de “Aguas Grises”.





El tema central de este TOG son las **Aguas Grises** generadas en la vivienda vertical, por lo tanto se encuentra dentro del grupo Aguas Residuales Municipales o también conocidas como **"Aguas Residuales Domesticas"** que como ya se mencionó son el resultado de las actividades cotidianas de las personas dentro de sus hogares como lo son: el aseo personal, higiene, cocción de alimentos, lavado de ropa, limpieza del hogar, riego de jardines, entre muchos otros más; estas actividades **contaminan o corrompen** el nivel del estado de purificación en su composición física, química y organoléptica con la que ingresaron a la vivienda al ser mezcladas con productos químicos y residuos orgánicos (no fecales) que son utilizados o desechados al momento de realizar las actividades mencionadas.

Hoy en día y como resultado de los grandes avances científico/tecnológicos sabemos que el tratamiento y reutilización de las aguas residuales prometen **ser la solución a los problemas ambientales** relacionados con el agua; dada la composición de las *aguas grises* se ha demostrado que suelen contener elementos altamente aprovechables como lo son nutrientes, metales y materia orgánica, los cuales con su correcta extracción y tratamiento se puede implementar en otros productos o sistemas de producción. Se estima que del total de aguas residuales que se generan dentro del hogar un **50% - 80%** corresponde netamente a *Aguas Grises*, dicha cifra es obtenida al excluir los porcentajes de aguas residuales provenientes del inodoro por su presencia de E-Coli. Las aguas grises por su composición tienen una serie de características de alto valor las cuales se pueden clasificar de la siguiente manera:

**Aspecto Microbiológico:** Por lo general las aguas grises específicamente el agua proveniente de los baños suelen contener altos rangos de microorganismos especialmente del tipo Coliformes totales y Escherichia Coli, sin embargo, al estar excluido el inodoro y provenir del área de la regadera y lavamanos dichos valores rondan por debajo de 1000 UFC/100 ml (Zambrano J. L., 2015).





**Aspecto Biológico:** A excepción de las aguas provenientes de las aguas de la tarja (que para efectos prácticos se recomienda exentarlas del cumulo de aguas grises) poseen una carga orgánica biodegradable relativamente baja en función de la demanda biológica de oxígeno (90 - 290 mg/l) (Zambrano J. L., 2015).

**Aspecto Físico:** Una de las principales características que delata la impureza de las aguas grises es su aspecto físico dado a que ellas poseen una alta concentración de solidos pudiendo encontrar cabello, pelusa, uñas, material orgánico de residuo entre otros. Estos factores se miden con parámetros como:

- *Sólidos en suspensión*
- *Turbidez*
- *Temperatura*

**Aspecto Químico:** Este apartado es el de principal interés y preocupación al momento de hablar de tratamiento de aguas grises debido a las altas concentraciones que se pueden presentar de elementos químicos/nocivos y que condicionan en la selección del sistema de tratamiento a implementar, dentro de los componentes más relevantes que podemos encontrar son: jabones, champús, tintes de cabello, pasta de dientes, crema de afeitar y varios productos químicos utilizados para el aseo personal (Zambrano J. L., 2015). Entre los principales indicadores a observar se encuentran:

- *Cianuros*
- *Dureza total*
- *Nitrógenos (nitratos y nitritos)*
- *Solidos disueltos totales*

Por último, a grandes rasgos el tratamiento de las aguas grises se puede agrupar en tres distintas categorías en donde los indicadores más relevantes a tener en cuenta son:

- *Sólidos, sedimentables o en suspensión*
- *Carga orgánica*
- *Contaminación bacteriológica, cuyo principal elemento es la E. Coli*





### 3.2 Tipos de sistemas de tratamiento de aguas residuales

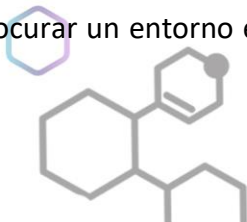
Entre las 3 categorías de clasificación de aguas grises los más relevantes o predominantes en el mercado por su practicidad de aplicación y resultados obtenidos en términos de calidad de agua son los siguientes:

**Sistemas físicos:** Este tipo de sistemas son considerados los más básico y económicos en el abanico de posibilidades al momento de hablar de sistemas de tratamiento de aguas grises y cuyo funcionamiento se basa únicamente en la separación de las partículas sólidas en suspensión, su funcionamiento se basa en la filtración a través de materiales filtrantes como mallas, gravillas y arenas. Los posibles usos posterior a su tratamiento se ve limitado por la carente capacidad de eliminación de elementos químicos y orgánicos sin mencionar que uno de sus principales puntos débiles es la putrefacción y degradación de las aguas resultantes que se traduce en malos olores e incomodidad para el usuario.

**Sistemas físicos/químicos:** Este tipo de sistemas son la complementación de los sistemas netamente físicos con aditamentos por etapas con la finalidad de remover elementos que los sistemas solo físicos no pueden llevar a cabo como grasas, turbidez, colides, materia orgánica fina entre otros. Por lo general este tipo de sistemas se auxilian de pre-filtros como, por ejemplo:

- Sistema de filtración fina (arenas, gravas y mallas)
- Dosificación de coagulantes / floculantes
- Desinfección (Hipoclorito de sodio, UV, Ozono)

**Sistemas Biológicos:** Este tipo de sistemas presentan un grado mayor de composición tanto en su funcionalidad, operacionalización, forma y complejidad. Se caracteriza principalmente por un sistema que su principal función es propiciar la degradación de la materia orgánica presente en las aguas residuales mediante la inserción de oxígeno a través de microorganismos y bacterias. Para el correcto funcionamiento de este tipo de sistemas es necesario mantener un control de la dosificación en la composición de las aguas residuales para procurar un entorno en la que los microorganismos y bacterias puedan proliferar de





manera correcta y poder llevar a cabo sus funciones, se debe de poner principal atención a los niveles de nitrógeno y de fosforo. Entre las ventajas de este tipo de sistemas de tratamiento podemos encontrar:

- Bajos costos de operación y mantenimiento
- Mayor rendimiento en la actividad de la biomasa y la separación de lodos
- Estabilidad funcional
- Control de procesos de funcionalidad
- Menor crecimiento de bacterias no deseadas (filamentosas)

Por otro lado, es importante mencionar que si no se lleva una correcta dosificación en la composición del entorno microbiano y bacteriológico se pueden presentar las siguientes complicaciones:

- Depuración de baja calidad
- Altos niveles de polímeros extracelulares
- Aumento en la producción de lodos
- Lodos hidrolizados
- Disminución en los estándares de rendimiento de los procesos del sistema
- Incremento en los costes de mantenimiento

Por último, es importante mencionar que este sistema si bien ofrece buenos resultados y aguas tratadas de alta calidad no son tan recomendados para la implementación en el tratamiento de aguas grises, esto debido a los bajos niveles de materia orgánica presentes en este tipo de aguas residuales, por lo tanto, este sistema no podrá desarrollar de manera óptima los procesos necesarios para el tratamiento de las aguas que ingresan a su sistema. Cabe destacar que actualmente y con la serie de avances tecnológicos en materia de sistemas de tratamientos de aguas residuales es posible implementar dos o más tipos de sistemas de los anteriores mencionados en un mismo proyecto, a este tipo de sistemas se les denomina **Sistemas de Tratamiento Mixtos**, los cuales al complementarse entre sí pueden ofertar un agua tratada de mayor calidad que por sí solos.





### 3.3 Marco Normativo

El tema de captación, manejo, tratamiento y reutilización de las aguas residuales es un tema que si bien ha tomado mayor fuerza en las últimas décadas sigue siendo un tema sin el suficiente clamor ni difusión a nivel mundial, ya que se tienen grandes **vacíos legales y desactualización** en materia reglamentaria y normativa que dificulta el desarrollo e implementación de ecotecnologías encaminadas al tratamiento y reutilización de aguas residuales. Se tiene conocimiento de que de **185** países analizados solo **55** contaban con información y/o normativa en materia de aguas residuales y de las cuales en su mayoría dicha información era obsoleta por encontrarse desactualizada (WWAP, 2017).

La calidad y sanidad de agua determina la calidad de vida y de salud de los usuarios que hacen uso de ella, por lo tanto, para garantizar un **control sanitario reglamentario** del agua que se está suministrando a las viviendas cumpla con los requisitos mínimos de composición en función a los límites permisibles establecidos y actualizados, es necesario apegarse a una **normativa actual (NOM) y vigente** que se tiene en materia de agua potable y tratada, recordando que esta normativa es una regulación técnica de observancia obligatoria expedidas por las dependencias competentes. En México si bien si se cuenta con una serie de normas enfocadas a la regulación del uso y reúso del agua potable para sus diversos fines y actividades para las que se considera “aptas”, son solo **03** las cuales pueden dar viabilidad al presente trabajo de investigación, las cuales son:

- Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997
- Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021
- Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002

Es importante señalar que cada país o región expide sus propias normas o regulaciones técnicas de carácter de **observancia obligatoria** las cuales responderán al entorno inmediato y contexto político / social con la finalidad de asegurar la **calidad y seguridad** del consumo de agua, por lo tanto, las regulaciones extranjeras pueden fungir como guía de retroalimentación para las regulaciones nacionales.





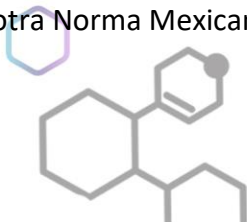
### 3.3.1 Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997

“Límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.”

Establece que el agua residual que es tratada no debe de sobrepasar los límites máximos permitidos con la finalidad de poder garantizar un agua de reúso para servicios al público con **contacto directo**, entre los cuales pone mayor hincapié en los siguientes:

- Coliformes fecales NMP/100 ml
- Huevos de helminto (h/l)
- Grasas y aceites mg/l
- DBO<sub>5</sub> MG/L
- SST MG/L

De igual manera esta norma indica que el agua residual tratada debe de estar **totalmente libre de materia flotante**, lo cual se rectifica mediante el método de prueba NMX-AA-006. Así mismo menciona que el agua resultante del tratamiento no deberá contener **concentraciones de metales pesados y cianuros** mayores a los límites máximos permisibles establecidos. Por otro lado, menciona que los organismos o empresas encargadas de tratar y suministrar aguas residuales tienen que realizar rigurosamente pruebas a los indicadores de coliformes fecales, materia flotante, demanda bioquímica de oxígeno<sub>5</sub>, sólidos suspendidos totales y grasa y aceites por lo menos **4 muestras mensualmente**, dichos muestreos deberán estar sujetos a la Norma Mexicana NMX-AA-003. En el tema de coliformes fecales se tiene mayor cuidado al momento de analizar su presencia en las aguas residuales tratadas por sus nocivos efectos para la salud, por lo tanto, tiene su propia norma con las especificaciones y cuidados necesarios al momento de llevarla a cabo, la cual es la Norma Mexicana NMX-AA-102-1987. Por último, es importante señalar que el mismo documento oficial señala que **NO existe a nivel internacional alguna norma o regulación equivalente o similar**, ya que no reúnen las evidencias científicas, técnicas y jurídicas que le permita equipararse con la Norma Mexicana. Así mismo señala que tampoco existe alguna otra Norma Mexicana que fungiera como base para la elaboración de la misma.





### 3.3.2 Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021

*“Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.”*

Esta norma esta enfocada a regular y monitorear la **calidad del agua** que ofertan cualquier sistema de tratamiento y que son suministradas a los consumidores o usuarios finales, esto con la finalidad de evitar y **reducir al mínimo la transmisión de enfermedades** gastrointestinales y otras. Esta norma establece que es de carácter de **observancia obligatoria** a cualquier sistema de abastecimiento ya sea de índole pública o privada y a cualquier individuo ya sea de carácter física o moral que se dedique a la distribución de aguas tratadas. Esto aplica a cualquier lugar o área del territorio nacional. Dicha norma centra sus límites permisibles en:

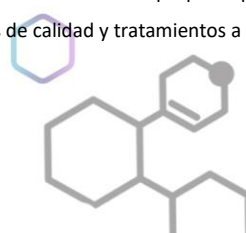
- Organismos coliformes
- E. coli o coliformes fecales u organismos termotolerantes

Por lo tanto, establece que el agua suministrada a los usuarios **NO debe contener ningún rastro de E. coli** o coliformes fecales por lo menos en 100 ml, en sistemas de abastecimiento con cobertura mayor a 50,000 habitantes el muestreo abarcara un periodo de **12 meses**, de las cuales el **95%** de las muestras recabadas y analizadas tendrán que presentar un resultado de “ausente” o “no detectable”. Así mismo establece los límites físicos y organolépticos del agua suministrada como se muestra en la Tabla 05.

**Tabla 3.4** límites permisibles en características físicas y organolépticas

Característica	Limite Permissible
Color	20 Unidades de color verdadero en la escala de "Platino/Cobalto".
Olor y Sabor	Agradable ( se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultado de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
Turbiedad	5 Unidades de turbiedad "nefelométricas" (UTN) o su equivalente en otro método.

Nota: Tabla de elaboración propia a partir de NOM-127-SSA1-2021, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.





Por otro lado, esta norma presenta una serie de especificaciones más precisas de las características mínimas requeridas para ser considerada agua apta para uso y consumo humano, las cuales las agrupa en grupos como lo son:

- *Especificaciones sanitarias físicas*
- *Especificaciones sanitarias químicas*
- *Especificaciones sanitarias microbiológicas*
- *Especificaciones sanitarias de metales y metaloides*
- *Especificaciones sanitarias de residuales de la desinfección*

Derivado de lo anterior mencionado la norma consultada presenta las siguientes tablas con el condensado de especificaciones a acatar para el cumplimiento de sus lineamientos las cuales son las siguientes:

**Tabla 3.5** Especificaciones sanitarias físicas

Parámetros	Límite permisible	Unidades
Turbiedad <sup>a</sup>	4.0	UNT
pH	6.5 a 8.5	Unidades de pH
Color Verdadero	15	UC

<sup>a</sup> El límite permisible para Turbiedad será de 3.0 UNT a partir del segundo año posterior a la entrada en vigor de la presente Norma.

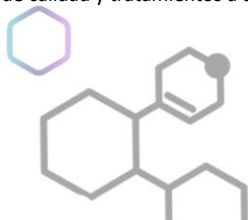
Nota: Tabla de elaboración propia a partir de NOM-127-SSA1-2021, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

**Tabla 3.6** Especificaciones sanitarias microbiológicas

Parámetros	Límite permisible	Unidades
<i>E. coli</i> o Coliformes termotolerantes	<1.1 ó No detectable	NMP/100 mL
	<1	UFC/100 mL
	Ausencia	Ausencia o Presencia/100mL
<i>Giardia lamblia</i>	Ausencia	Quistes/20L

NOTA 1 El organismo responsable debe seleccionar uno de los dos parámetros para su análisis: *E. coli* o coliformes termotolerantes (coliformes fecales).  
NOTA 2 Las unidades de medida (NMP/100mL; UFC/100mL; Ausencia o Presencia/100mL) corresponden a los tres métodos de prueba aceptados para el cumplimiento de esta Norma.

Nota: Tabla de elaboración propia a partir de NOM-127-SSA1-2021, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.



**Tabla 3.7** Especificaciones sanitarias Químicas

Parámetros	Límite permisible	Unidades
Cianuros totales	0.07	mg/L
Dureza total como CaCO <sub>3</sub>	500.00	mg/L
Fluoruros como F <sup>-a</sup>	1.50	mg/L
Nitrógeno amoniacal (N-NH <sub>3</sub> )	0.50	mg/L
Nitrógeno de nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	11.00	mg/L
Nitrógeno de nitritos (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	0.90	mg/L
Sólidos disueltos totales	1000.00	mg/L
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )	400.00	mg/L
Sustancias activas al azul de metileno	0.50	mg/L

<sup>a</sup> El límite permisible para fluoruros será de 1.50 mg/L para todas las localidades y se ajustará de conformidad con la tabla de cumplimiento gradual inciso 5.3

Nota: Tabla de elaboración propia a partir de NOM-127-SSA1-2021, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

**Tabla 3.8** Especificaciones sanitarias de metales y metaloides

Parámetros	Límite permisible	Unidades
Aluminio	0.20	mg/L
Arsénico <sup>a</sup>	0.025	mg/L
Bario	1.3	mg/L
Cadmio <sup>b</sup>	0.005	mg/L
Cobre	2.00	mg/L
Cromo total	0.05	mg/L
Hierro	0.30	mg/L
Manganeso	0.15	mg/L
Mercurio	0.006	mg/L
Níquel	0.07	mg/L
Plomo	0.01	mg/L
Selenio	0.04	mg/L

NOTA 1 Los límites permisibles de metales y metaloides se refieren a su concentración total en el agua, la cual incluye los suspendidos y los disueltos.

Nota: Tabla de elaboración propia a partir de NOM-127-SSA1-2021, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.





**Tabla 3.9** Especificaciones sanitarias de residuales de la desinfección

Parámetros	Límite permisible	Unidades
Cloro residual libre	0.2 a 1.5	mg/L
Yodo residual libre	0.2 a 1.5	mg/L
Plata total	0.05 a 0.1	mg/L

Nota: Tabla de elaboración propia a partir de NOM-127-SSA1-2021, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

Nota: La presente norma específica que los lineamientos anteriormente **mencionados NO contemplan a las Aguas Grises** tratadas para su aplicación, sin embargo, menciona que en caso de ser provenientes de una fuente de abastecimiento de este tipo se tendrá que presentar un compendio de paquetes de información que justifique a base de estudios de alta calidad y pruebas de tratabilidad a nivel laboratorio en donde se asegure (con sus respectivas responsivas legales/sociales) que la calidad del agua suministrada **NO compromete la salud de los usuarios**. Todo lo anterior respaldado por un documento avalado por una **“Entidad de metodología autorizada”** (EMA), las cuales implementaran una metodología de evaluación de riesgos (PLD) la cual tendrá que presentar un resultado de **“no riesgo”**.

Por último, es importante recalcar que este apartado **NO** afecta de manera directa la viabilidad del presente trabajo de investigación, debido a que si bien la NOM 127 especifica los requerimientos mínimos para “Uso” y “Consumo” humano **la finalidad de este trabajo NO contempla el “consumo” (ingesta) del agua resultante del proceso de tratamiento y se “limita” a solo el “uso” o para “contacto directo” con los usuarios**. Lo anteriormente mencionado es respaldado por los profesionales en el ramo del saneamiento, que en el capítulo 07 denominado “Sistemas de tratamiento de aguas grises en el mercado” se aborda de manera más amplia y detallada y en la cual se estipula que es **100% viable** la implementación de las aguas grises tratadas para actividades que si bien no son de consumo si son de contacto directo, lo cual quiere decir que los usuarios pueden **tocar y manipular** el líquido sin repercusiones de salud de ningún tipo.





### 3.3.3 Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002

“Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua.”

Esta norma está enfocada en la vigilancia de la calidad del agua inspeccionando que las **características de las construcciones, instalaciones y equipos de las obras hidráulicas** de captación, plantas cloradoras, **plantas de tratamiento**, tanques de almacenamiento o regulación, líneas de conducción, redes de distribución, cisternas de vehículos para el transporte y distribución y tomas domiciliarias protejan el agua de contaminación (NOM-230-SSA1-2002, 2003).

Tiene como objetivo establecer los **requisitos sanitarios** que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua, para preservar la **calidad del agua** para uso y consumo humano, así como los procedimientos sanitarios para su muestreo. Esta norma establece que es de carácter de **observancia obligatoria** a cualquier sistema de abastecimiento ya sea de índole pública o privada y a cualquier individuo ya sea de carácter física o moral que se dedique a la distribución de aguas tratadas. Esto aplica a cualquier lugar o área del territorio nacional.

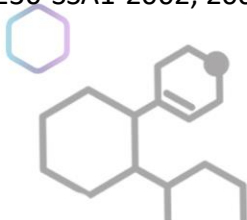
En términos de características físicas / espaciales de sistemas de captación y distribución menciona lo siguiente:

- Todo sistema de captación independientemente del agua que este manipulando debe estar provisto de una malla de alambre o muros que impidan la introducción de desechos sólidos, líquidos o excretas y el paso de animales (NOM-230-SSA1-2002, 2003).
- Cualquier sistema de captación o almacenamiento tiene que evitar el ingreso de personal no autorizado mediante bardas y puertas con sus respectivos sistemas de seguridad (NOM-230-SSA1-2002, 2003).
- Todo tipo de uniones ya sea de tuberías, accesorios o equipos deben contar con juntas impermeables





- Todos los sistemas de ventilación como tubos, rejillas o ductos deberán estar provistos de tela tipo mosquitero (NOM-230-SSA1-2002, 2003).
- Todos los sistemas de tratamiento sin importar su tipo que involucren estaciones de bombeo deberán de proteger la bomba mediante una estructura que la oculte/proteja y que facilite su mantenimiento, el cual deberá estar sujeto a las especificaciones de la empresa proveedora de dicho servicio (NOM-230-SSA1-2002, 2003).
- Para cuestiones de diferenciación practica toda la red de tuberías implementada en algún sistema de canalización o potabilización debe estar debidamente marcados con códigos y ser visibles para los trabajadores, esta codificación debe ser de conocimiento general para todo el personal que tenga trato con ellas (NOM-230-SSA1-2002, 2003).
- Los espacios de almacenamiento de material químico para potabilización o tratamiento de aguas como por ejemplo el cloro, desinfectantes o derivados de alguna de estas tienen que encontrarse en constante ventilación que en la medida de lo posible sea una ventilación cruzada, lejos de humedad o fuentes de agua y no contener algún otro producto ajeno a los de esta índole (NOM-230-SSA1-2002, 2003).
- Todo equipo estructura o área destinada al almacenamiento de agua de cualquier tipo debe estar recubierta con material sanitario y contar con ciclos de mantenimiento y desinfección con la finalidad de generar un entorno sanitizado que garantice la calidad y ciclo de vida de las aguas que contenga (NOM-230-SSA1-2002, 2003).
- Todas las acciones de limpieza, mantenimiento y desinfección deben estar obligatoriamente registradas en una bitácora y con disposición inmediata en caso de ser solicitadas por una autoridad competente (NOM-230-SSA1-2002, 2003).
- En caso de que el sistema se apoye de una cisterna esta debe estar recubierta de manera interna con materiales de alta resistencia a la corrosión y oxidación (NOM-230-SSA1-2002, 2003).





- La cisterna deberá estar provista de uno (o varios dependiendo de las dimensiones) registros de mantenimiento que permita el ingreso de una persona y la cual pueda realizar las maniobras necesarias sin ninguna dificultad o contratiempo (NOM-230-SSA1-2002, 2003).
- Si el sistema de abastecimiento presenta interrupción en su suministro ya sea por eventualidades de índole eléctrica, sequía, recorte municipal, mantenimiento puntual o general o cualquier otra que involucre más de 2 días sin flujo de agua a través del sistema se recomienda realizar una desinfección general y completa de todo el sistema de tratamiento y red de distribución, de preferencia solicitándolo a empresas especializadas en este tipo de servicios (NOM-230-SSA1-2002, 2003).
- En los casos de obra nueva de almacenamiento, conducción y distribución, o en el caso de mantenimiento preventivo o correctivo de cualquier elemento del sistema de abastecimiento, debe limpiarse y desinfectarse antes de iniciar su operación (NOM-230-SSA1-2002, 2003).
- Las acciones de limpieza, drenado y desinfección deben registrarse en una bitácora y estar disponibles cuando la autoridad sanitaria competente los requiera. Esta disposición es obligatoria para todos los sistemas de abastecimiento. Esta bitácora debe conservarse por lo menos durante un año (NOM-230-SSA1-2002, 2003).

Por último es de gran importancia hacer hincapié a la necesidad de fomentar el apoyo tanto económico, político e institucional al momento de la generación de **iniciativas de reglamentación normativa en materia de captación, manejo, tratamiento y reutilización de aguas grises**, procurando siempre la el desarrollo de productos de alta calidad aplicados a una escala pequeña (descentralizados) abarcando niveles tanto de nivel inferior (Habitantes) como nivel superior (Gobierno) en donde incluso se podría implementar estrategias como lo son incentivos económicos y/o legales que fomenten la implementación de sistemas de tratamiento y estimulen la detonación del mercado de este tipo de ecotecnologías.





### 3.4 Ejemplos de implementación de sistemas de tratamiento de aguas grises para su reutilización doméstica a nivel mundial

Las aguas grises fueron consideradas por muchos años como un problema muy grande a atender, sin embargo, hoy en día las aguas grises son consideradas **la clave para resolver los problemas que giran en torno a el desabasto y escasez del agua**, dado a que estas son una fuente potencialmente asequible y sostenible de agua, energía, nutrientes, materia orgánica y otros subproductos útiles (WWAP, Agua residuales: Un recurso desaprovechado, 2017). Por lo tanto y con el creciente avance tecnológico la implementación de sistemas de tratamiento de aguas grises, así como la preocupación y monitoreo del consumo del agua potable dentro de la vivienda es un tema que si bien no han recibido el suficiente decoro en el campo del emprendimiento tecnológico si han registrado sus pequeños (pero importantes) pasos para sentar las bases de lo que posteriormente se convertirían en sistemas y estrategias para el cuidado y gestión del agua potable.

Durante este recorrido se han presentado una serie de implementaciones de varios prototipos y distintas soluciones que si bien no fueron del todo acertadas y funcionales marcaron la pauta para que científicos, ingenieros y diseñadores posteriormente pudieran ir puliendo y replanteando las posibles soluciones ante la problemática creciente de la reducción de la disponibilidad del agua potable para consumo humano. Entre la información analizada los más destacables a mencionar fueron los siguientes:

En 2015 se llevó en EE.UU. un censo de consumo de agua denominado USGS 2005, el cual tenía como finalidad la cuantificación del consumo de agua potable dentro de la vivienda de algunos sectores de la sociedad, de los cuales la clase media fue a quien más porcentaje abarco del tamaño de la muestra analizada. Para llevarse a cabo se implementó un monitoreo continuo de una semana en distintas casas de la zona de todas las zonas de la vivienda en donde se disponía de agua potable. Dicho estudio arrojó que **el consumo promedio por habitante era de 310 L/Hab/Día** (Kunitsuka, 2015). Así mismo este censo arrojó la siguiente información estadística acerca de los consumos de agua potable por actividad dentro de la vivienda:





Tabla 3.10 Datos estadísticos de consumo de agua en vivienda típica de EE. UU. 2005

<u>Actividad</u>	<u>Consumo</u>
Ducha con bañera	125 / 135 litros por sesión
<b>Baño en regadera</b>	<b>9.0 - 15.0 litros por minuto</b>
Cepillado de dientes	3.0 - 8.0 litros por sesión
Lavado de manos/Cara	4.0 - 5.0 litros por sesión
Afeitado (Hombres/Mujeres)	4.0 - 5.0 litros por sesión
Lavavajillas	7.5 - 8.5 litros por sesión
Lavado de platos a mano	4.0 - 10.0 litros por minuto
Sanitario	05.0 - 10.0 litros por descarga
<b>Lavadora</b>	<b>95 - 165 litros por carga</b>
Riego de zonas exteriores	07 - 10 litros por minuto

Nota: Tabla de elaboración propia a partir de estadísticas del estudio USGS 2005, obtenida de: <https://blogs.iadb.org/agua/es/cuanta-agua-consumes-realmente-por-dia/>

En base a estas estadísticas obtenidas de este estudio en 2021 Cedeño realizó un caso de estudio en un sector geográfico de la provincia de Herrera, distrito de Chitré específicamente la Barriada Villa Dorada, Panamá, con la finalidad de establecer los consumos promedio por día de los habitantes de esta región en distintas actividades, encontrando así que la actividad que más consume agua potable por día es el **baño en regadera**, reportando un consumo de **420 litros por día** considerando una vivienda promedio de 3 habitantes, 1 sesión de baño por habitante al día en un promedio de 10 minutos. Así mismo reporto una pérdida de 15% al momento de cuantificar las *aguas grises* generadas de dicha actividad reportando una acumulación total de 378 litros por día y que representa el **52% de las aguas grises generadas en la vivienda** (Maritza Cedeño, 2021).





Por otro lado, dicho estudio arroja que las actividades que más consumen agua potable por sesión son

- Lavado de ropa
- Baño en regadera

Reportando un consumo de **330 litros por sesión y 150 litros al día** respectivamente, de igual manera considerando una vivienda promedio de 3 habitantes, 2 sesiones de lavado de ropa a la semana y un tiempo promedio de 3 sesiones de baño en regadera con intervalos de 10 minutos cada uno. Para este caso no se contempló pérdida al momento de cuantificar las aguas grises por lo tanto se consideran los **480 litros de agua por día** como cifra oficial de las aguas grises generadas de dicha actividad. Considerando que la actividad de lavado de ropa se realiza todos los días de la semana por lo menos 2 veces al día, se estima que las aguas generadas de esta actividad corresponden al **46 %** de las *aguas grises* generadas en la vivienda (Maritza Cedeño, 2021).

Por último, este estudio realizó una sumatoria final con todos los volúmenes de aguas grises generadas de las distintas actividades analizadas (Baño en regadera, cepillado de dientes, lavado de manos, afeitado, lavado de platos a mano, lavadora y riego de zonas exteriores) encontrando así que se genera un total de **1,033.37 litros por día de aguas grises** y un total de **372, 013.20 litros por año de aguas grises** en la vivienda promedio de EE. UU. (Maritza Cedeño, 2021)

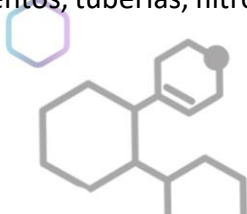
Cabe destacar que dicho estudio no realizó distinción alguna entre sectores geográfico ni estratos sociales con lo cual los estilos de vida y hábitos de consumo **NO** se pudieron diferenciar de manera correcta. Así mismo los datos resultantes fueron obtenidos mediante entrevistas con una serie de reactivos que englobaban la mayoría de los hábitos de consumo hídrico de un habitante, lo cual si bien se puede considerar un trabajo de aproximación este **NO** se encuentra respaldado por un monitoreo cuantitativo con los consumos reales por habitante dejando así la información brindada solo como **punto de referencia mas no como valor absoluto.**





Entrando de lleno a **“¿Qué es lo que se ha hecho con las aguas grises en otros países?”** encontramos primeramente que si bien la información disponible acerca de las propiedades de las aguas grises y su posible tratamiento para su implementación posterior es relativamente basta aún falta mucho camino que recorrer para poder llegar a una solución 100% viable y que logre integrar el **factor económico** en cuestiones de costos asequibles para todos, **factor social** en cuestiones de nivel de aceptación, **factor energético** en cuestión de no volver el sistema realmente sustentable al consumir grandes cantidades de energía y el **factor de carácter universal** que permita su replicación en cualquier edificación cuyo emplazamiento requiera la implementación de estos sistemas por las escasez o limitación de sus fuentes de abastecimiento hídricas. De igual manera como menciona este documento el problema del agua es un problema que con el paso de los años se ha acrecentado y ha sumado indicadores que aceleran este proceso también es cierto que la tecnología y las mentes de pensadores que han puesto manos a la obra para el desarrollo de tecnologías innovadoras que atiendan esta problemática también ha ido en aumento encontrando así autores y casos de estudio que en base al conocimiento obtenido en su ubicación temporal han brindado soluciones alternativas para el tratamiento de estas aguas teniendo por ejemplo:

En **2011 Velasco & Solar** presentaron en Madrid, España un sistema para el tratamiento de aguas grises provenientes exclusivamente de duchas y lavamanos, las canalizaron y concentraron en una planta de tratamiento especial que funciona a base de un **biorreactor de membrana** situado en la parte inferior de la vivienda y cuyo sistema se dividía en 2 etapas, la primera se hacía una depuración biológica en el centro del reactor para posteriormente en la segunda etapa separar la biomasa resultante del agua mediante un sistema de filtración hecho a base de membranas, para por último ser purificada con dosis controladas de cloro. **El agua resultante de este proceso se utilizaba para alimentar los inodoros de la vivienda.** La única problemática que presentó este sistema fue el **factor económico**, ya que en cuestiones de números el puro reactor para el tratamiento de estas aguas ronda alrededor de **\$45,000** pesos mexicanos, a esto hay que sumársele los aditamentos, tuberías, filtros y manos de obra con lo cual eleva el costo hasta **\$61,000** pesos

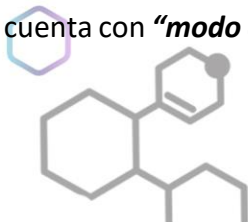




mexicanos, volviéndolos no asequibles para todo el público (sin tomar en cuenta la conversión de esos \$61,000 pesos del 2011 por la inflación al día de hoy). De igual manera es importante señalar que el sistema implementado se encontraba **en etapas de experimentación y prototipo** lo cual presentaba puntos de atención así como lagunas en sus planes de contingencia en caso de eventualidades sanitarias, así como ofertar cursos de operacionalización de los usuarios y planes integrales de mantenimiento tanto técnico como sanitario (Ardila, 2014).

En **2014 Juan Carlos Cruz Ardila** en colaboración con colegas del cuerpo de investigación en Bogotá, Colombia desarrollaron un sistema de tratamiento de aguas grises que consistía en la captación de las aguas provenientes de la regadera, lavamanos y lavadoras mediante una red de tuberías de diferenciación que separaba estas aguas del resto de las aguas residuales de la vivienda, posteriormente estas aguas serán canalizadas a un **sistema de filtrado a base de gravillas y materiales de cierta granulometría** destinada a la captación de grasas provenientes de ciertos productos como los jabones. Posteriormente pasa al segundo filtrado a base de grava y arena con la finalidad de separar y retener materiales sólidos. Una vez que el agua paso por estas dos etapas de filtrado son dirigidas al tanque 01 a nivel del suelo para ser bombeadas al tanque 02 situado en la losa de azoteas para por último ser redistribuido por gravedad para **abastecer todos los inodoros de la vivienda**, cabe destacar que el tanque 01 así como los dos filtros se encuentran en una cámara situada bajo tierra (Ardila, 2014).

Cabe destacar que el tanque 01 está dotado por un **sistema electrónico a base de sensores** configurado para accionar de manera automática el sistema de bombeo cuando estos detecten el nivel máximo de capacidad del tanque y así evitar que la bomba se quemara por falta de líquido para bombear. El tanque 02 está dotado de una **electroválvula** que se encargara de diferenciar en qué momento se utiliza el agua tratada y en qué momento se empleará el agua potable en base a los niveles de agua tratada con los que cuente la vivienda, con el fin de garantizar el flujo constante de líquido en la vivienda independientemente si se trata de agua potable o de agua tratada. Por otro lado este sistema cuenta con **“modo de autolavado”** el cual entra en acción al detectar que el sistema

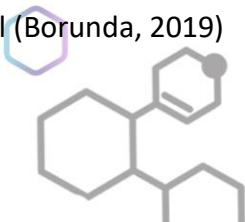




no ha efectuado la distribución de las aguas grises y tratadas esperando ser distribuidas por un lapso máximo de **2 días (48 hrs)** lo cual se consideraba (actualmente ya no es así) el **tiempo máximo** en el que las aguas grises tratadas pueden estar en reposo y ser reutilizadas en alguna actividad secundaria, por lo general esto sucederá por la ausencia de las personas que habiten la vivienda o una muy baja demanda en la utilización de los inodoros; el sistema descargara toda el agua tratada acumulada de manera automática y al mismo tiempo efectuara un lavado interno de los tanques y cuya agua resultante de este lavado será tratada como las aguas grises de la vivienda para su posterior reutilización (Ardila, 2014).

Por último, a nivel nacional desde **2009 el Dr. Miguel Ángel López Zavala** ha diseñado y patentado un “*Sistema in situ para el manejo del agua y aguas residuales domésticas*” con el cual garantiza que es posible reciclar hasta un 90% de las aguas grises que se generan en una vivienda tradicional. Dicho sistema está compuesto de **jardineras y áreas verdes filtrantes** para el tratamiento de aguas grises, que a su vez se encuentra complementado con un **biosanitario**, dotando así a la vivienda de **autosostenibilidad hídrica**. Para el funcionamiento de dicho sistema aprovecha las aguas grises provenientes de la regadera, área de lavado y el fregadero, las cuales son canalizadas a jardineras y áreas verdes dotadas de una **geomembrana subterránea** que confina el medio filtrante y degrada las bacterias presentes. Una vez finalizado el proceso de tratamiento el agua cuenta con las características óptimas para ser devuelta al subsuelo para que mediante **infiltración** sean reiteradas a los mantos acuíferos subterráneos.

Es importante señalar que para el correcto funcionamiento del sistema es fundamental determinar el **número de usuarios** y/o integrantes de la familia que habitarán la vivienda para que en función de dicho número se pueda calcular los m<sup>2</sup> de geomembrana que serán necesarios para poder filtrar y tratar los volúmenes de aguas grises generados. Cabe señalar que la vida útil reportada del sistema oscila entre los **20 y 24 años** dependiendo del uso y mantenimiento dado. La eficiencia de este sistema es tal que en 2009 fue galardonado con el premio **Rómulo Garza** y en 2019 el Tecnológico de Monterrey le otorgó un premio por haber **obtenido la patente** de su sistema en el Instituto Nacional de la Propiedad Industrial de Brasil (Borunda, 2019)





U4

# Caracterización del caso de estudio

(Resultados)



Alumno: Arq. Quezada Limón Luis Francisco. Asesor: Dr. Flores Elizondo Rodrigo. Agosto 2024



## 4.0 Introducción

**Nota:** El presente trabajo está basado en el análisis de información **cuantitativa** e información **cualitativa**. Para poder determinar las herramientas más adecuadas que se emplearan en la obtención de los datos necesarios para dar respuesta a las preguntas generadoras y poder alcanzar los objetivos señalados la metodología implementada se dividió en **6 etapas** (ver Figura 1.7: *Etapas metodológicas*), las cuales cada una fue desarrollada siguiendo un lineamiento secuencial que permitirá estructurar y comprender la información recabada y analizada.

En esta etapa se tiene considerado una matriz de selección para poder identificar los **casos de estudio con mayor potencial** para ser considerados candidatos para su análisis, para esto se contemplan características a evaluar como lo es: vivir dentro de la ZMG, contar con cobertura de agua potable en por parte de un organismo regulador como lo es SIAPA y que la vivienda o el nivel socioeconómico se encuentre dentro del rango de **“clase media”**. De igual manera se considera pertinente en esta etapa obtener información relacionada a los integrantes del núcleo familiar que dispongan de la vivienda como lo es: Número de integrantes, edades, ocupaciones y nivel máximo de estudios. Para esta etapa se considera el uso de la **herramienta cuestionario**.

De igual manera se consideró importante reunir la mayor información con respecto a las **características físicas de las viviendas seleccionadas** para caso de estudio, se contempla obtener información como: m<sup>2</sup> de la vivienda, identificar número de áreas con consumo de agua potable dentro de la vivienda como lo es número de baños, áreas de lavado, cocina, patios, cocheras y cualquier otra que contenga una salida de agua. Una vez detectadas dichas áreas es importante conocer sus características con respecto a **mobiliario y equipamiento**, es decir será importante saber con qué mobiliario hídrico (que es el que nos compete como lavabos, W.C., regaderas, tarjas etc.) están dotadas las zonas húmedas de la vivienda. Esto con la finalidad de poder ir **estimando los consumos generados** por dicha área y las posibles áreas de oportunidad en donde implementar los sistemas que se lleguen a proponer. Para esta etapa se considera el uso de la **herramienta cuestionario**.



Todo lo anterior mencionado se complementó con una serie de preguntas abiertas que buscó recabar información con respecto al **nivel de conocimiento de estrategias o hábitos ecológicos** que ayuden a disminuir los consumos de agua de primer uso dentro de la vivienda, determinar el porqué de la falta de información y conocer su punto de vista acerca de lo que creen necesario hace falta para que la **difusión** de dicha información tenga un mayor radio de alcance. De igual manera de ser el caso de que la vivienda del usuario no cuente con ningún tipo de ecotecnología o aditamentos que permitan ahorros de tipo hídrico será de gran importancia al proyecto el identificar las **razones principales** por las cuales no se cuentan con estas, para en base a esto saber si es por cuestiones económicas, de aceptación, desconocimiento del tema, la vivienda no se encuentra adaptada para implementar un sistema de tratamiento de aguas grises o alguna otra que evite el interés por parte de los habitantes de las viviendas a introducirse a los hábitos y prácticas de **consumo hídrico sustentable**.

Por ultimo será de gran valor utilitario el medir el **nivel de aceptación** por parte de los usuarios a las ecotecnologías y estrategias o practicas ecológicas para el cuidado y ahorro del agua potable, las respuestas obtenidas le darán un sentido y un propósito al presente trabajo de investigación ya que nos permitirá de manera superficial el poder **determinar la efectividad y éxito del proyecto** en caso de registrarse altos niveles de aceptación o estar advertidos de un **posible fracaso** al no tener la aceptación de este tipo de proyectos por parte de la sociedad, ya que se considera que un buen proyecto no solo debe abarcar el aspecto técnico si no que debe contemplar una experiencia de usuario óptima para lograr una aceptación e interés por parte del mismo y evitar su desinterés por factores como complejidad de implementación. Para esta etapa se considera el uso de la **herramienta entrevista** con la finalidad de poder brindar a los entrevistados un espacio flexible donde poder expresar todos sus hábitos ecológicos que practiquen o su punto de vista con respecto a la sustentabilidad hídrica y que puedan expresar de manera libre su **predisposición a introducir este tipo de tecnologías a sus actividades diarias**.





#### 4.1 Delimitación de caso de estudio y mapeo digital

Previo a la aplicación de las herramientas metodológicas seleccionadas se procedió a llevar a cabo una serie de preparativos que permitirán estructurar y garantizar de manera correcta dichas herramientas. Como primer paso se contempla la generación de un **mapeo digital** con la finalidad de poder tener las primeras **ubicaciones tentativas** de los casos con posibles potenciales para caso de estudio. Este proceso está apoyado de la información proporcionada por un organismo estadístico gubernamental como lo es INEGI, en el cual se nos indicará las zonas territoriales que poseen el **ingreso mensual requerido** para poder ser partícipe de este trabajo de investigación, el cual corresponde a **clase media**.

Así mismo la intención de este mapeo es generar un posicionamiento estratégico de los candidatos potenciales en el cual se encuentren distribuidos de manera global en la ZMG, esto para poder establecer una **lectura no centralizada** ni concentrada en un solo punto y obtener estadísticas más amplias de los hábitos de consumo de un sector más amplio de la sociedad. Dentro de los indicadores que se consideraron para filtrar los posibles candidatos a caso de estudio se encontraban los siguientes:

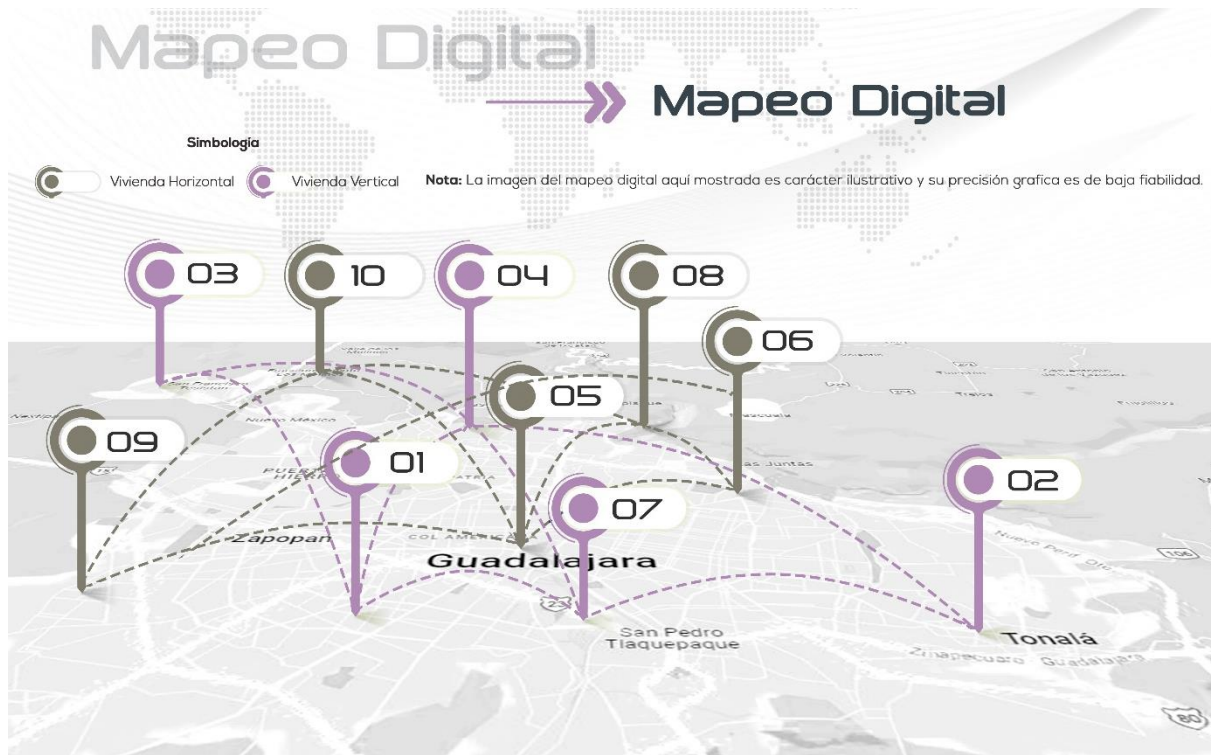
- La vivienda reside dentro de la ZMG.
- La vivienda tiene cobertura por parte de un organismo operador (SIAPA o similares).
- La vivienda está dada de alta ante el organismo operador y tiene número de cuenta.
- La vivienda tiene medidor de consumo de agua (funcional) oficial.
- La vivienda tiene acceso a sus recibos de consumo del organismo regulador.
- La vivienda no tiene menos de 50 m<sup>2</sup> ni más de 70 m<sup>2</sup>.
- La vivienda está habitada por lo menos de 2 integrantes.
- Los perceptores del hogar perciben ingresos correspondientes a clase media.
- Los integrantes de la vivienda están de acuerdo con las dinámicas a realizar dentro de la vivienda para la obtención de información.
- Los integrantes de la vivienda están dispuestos a proporcionar información personal con respecto a sus hábitos de consumo hídrico.





Por último, es importante señalar que como herramienta de apoyo adicional se hizo uso de la **Plataforma Digital SURVIO** para la maquetación de las encuestas requeridas para la primera visita presencial con la finalidad de agilizar hasta un **300% el procesamiento y cruce de datos** entre etapas metodológicas y tener un respaldo digital de todas las respuestas obtenidas por parte de los usuarios (ver anexo “Guía de encuesta para Etapa 01 “Perfil de caso de estudio y/o usuarios”). Una vez ubicados todos los puntos de los casos de estudio dentro del mapa de la ZMG la cobertura del presente trabajo de investigación fue la siguiente:

**Figura 4.1:** Ubicación de casos de estudio en mapa de la ZMG.



Nota: Imagen de elaboración propia.



## 4.2 Perfiles de usuario en caso de estudio

Con el objetivo de poder **perfiar** y orientar a los usuarios hídricos correctos y delimitar el estudio de caso se seleccionaron una serie de factores o condicionantes que debían cubrir para ser considerados como viables y/o aptos mencionados en el apartado anterior, una vez verificado que se cumplan estas condicionantes se procederá con un **cuestionario** que tiene como finalidad la **obtención de datos personales** que tengan relevancia al momento de analizar y relacionar dicha información como lo es número de integrantes, edades, ocupaciones y preguntas de esta índole. Como menciona el punto anterior es de carácter obligatorio el **residir dentro de la AMG** dado a que el Área Metropolitana de Guadalajara se conforma por los municipios de:

- Guadalajara
- Zapopan
- Tonalá
- San Pedro Tlaquepaque
- El Salto
- Tlajomulco de Zúñiga
- Ixtlahuacán de los Membrillos
- Juanacatlán

Y cuyos municipios tienen **alcance de cobertura** por parte del organismo regulador de servicio de agua potable y alcantarillado como lo es el **SIAPA** (a excepción de El Salto, Tlajomulco, Ixtlahuacán y Juanacatlán), lo cual está en función al segundo requisito establecido en esta etapa. Cabe destacar que dentro de los 10 casos de estudio seleccionados 02 de ellos fueron considerados como **“casos especiales”** al ubicarse en **“Valle de los molinos”** y **“Tesistán”**, es importante señalar que fueron aceptados y considerados de interés para poder analizar el comportamiento de los usuarios al **NO pagar** por el consumo de agua de primer uso, puesto a que dichas viviendas poseen pozos de abastecimiento propias del desarrollo y poder observar si los hábitos de consumo se





diferencian de los casos de estudio que si pagan por el servicio de agua potable. Así mismo el tercer requisito exige el pertenecer a la **clase media**, la cual representa alrededor de un **42.4 %** de los hogares mexicanos (INEGI, Estadísticas experimentales. Cuantificando la Clase Media en México 2010 - 2020, 2021), este dato estará regido por dos variables a considerar:

- Ingresos mensuales ya que según reportes de INEGI registra un ingreso promedio mensual por hogar de **\$23,451.00 MXN** (INEGI, Estadísticas experimentales. Cuantificando la Clase Media en México 2010 - 2020, 2021).
- Valor comercial de la vivienda considerando un margen de valor entre **\$750,000 MXN Y 1,250,000 MXN**, lo cual se podrá constatar de manera parcial en los recibos de impuesto predial.

En relación a lo anterior mencionado fue importante identificar como el nivel económico anteriormente mencionado va en relación con el **nivel de estudios** alcanzado y las **ocupaciones** de cada uno de los integrantes de la familia. En cuestiones personales centradas en la descriptiva de los usuarios y para poder perfilar de manera más integral los distintos perfiles en cada una de las viviendas las preguntas presentadas representan un indicador de gran importancia que se verá reflejado en los consumos de agua por parte de la vivienda, por ejemplo:

- **El número de integrantes o usuarios hídricos** para cuantificar y contrastar los consumos de agua de primer uso.
- **Edad de los integrantes de la vivienda**, el cual no tiene limitante ya que se considera muy interesante el poder contrastar los hábitos de consumo de una persona adulta, una de avanzada edad los cuales demandan más cantidad de agua por sus condicionantes físicas y de salud (en caso de ser el caso) y por último de menores de edad los cuales por su corto nivel de conciencia ecológica y ambiental o simplemente por su inmadurez emocional tienden a desperdiciar más agua.
- **Género de los integrantes de la vivienda** para poder identificar si los hábitos de consumo de agua de primer uso van en función a este indicador y determinar el porqué de este suceso.

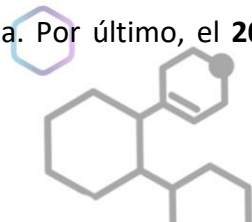




- **Ocupaciones y nivel de estudio de los integrantes de la vivienda** para poder entender cómo el nivel de educación se relaciona con la cultura de conservación de agua que se puede tener e indagar si en el transcurso de sus carreras se les brindó información acerca del cuidado del agua o de prácticas ecológicas y sustentables.
- **Ingresos per cápita y por vivienda** para poder corroborar que pertenecen a la clase media solicitada para el presente trabajo de investigación y a su vez buscar relación en que la falta de ecotecnologías tiene relación a los ingresos percibidos, limitando su asequibilidad al considerarse “no costeables” por los integrantes de la vivienda.
- **Tipo de vivienda** para identificar si las dinámicas de consumo de agua de primer uso cambian si estas corresponden a una vivienda de clase media horizontal a una vivienda de clase media vertical.

#### 4.2.1 Resultados obtenidos

La muestra completa de los casos de estudio analizados contempló un total de **26 participantes**, de los cuales y en relación a la información brindada encontramos que del total de usuarios 14 eran del género femenino (**53.85%**) y 12 era del género masculino (**46.15%**). Por otro lado, se identificó que la edad en “*moda*” de los usuarios se encontraba en un rango de entre **29 y 33** años de edad, registrando al usuario con mayor edad con 69 años y el usuario más joven con 6 años. Por otra parte, se reportó que solo **18 usuarios (69.23%)** de los 26 participante se encontraban activamente laborando, **5 usuarios (19.23%)** se encontraban académicamente activos y **3 usuarios (11.54%)** se encontraban sin actividad productiva ni educativa. Seguido de esto se detectó que el nivel de estudios predominante en el muestreo fue la Licenciatura con **11 usuarios (42.31%)** con dicho nivel académico, seguido de la maestría/especialidad con **8 usuarios (30.77%)** y seguido de otros niveles educativos de nivel medio – media/superior. En cuestiones de ingresos per cápita se estableció que el promedio de ingresos por habitante es de **\$23,350.00 MXN**, registrando el salario con mayor ingreso correspondiente a **\$50,000.00 MXMN** mensual y el menor ingreso registrado con \$12,000.00 MXN. En cuestiones de la vivienda se encontró que el **50%** de las viviendas eran propias de los usuarios y el otro **50%** se encontraban en situación de renta. Por último, el **20%** de las viviendas se encontraban abastecidas por pozos de



autoabastecimiento y el restante **80%** a cobertura por parte de SIAPA. La información anteriormente mencionada se puede apreciar con mayor detalle en las siguientes tablas:

Tabla 4.1: Condensado de perfil de usuarios de caso de estudio

<b>Indicador</b>	<b>Caso 01</b>	<b>Caso 02</b>	<b>Caso 03</b>	<b>Caso 04</b>	<b>Caso 05</b>
Integrantes	3	2	2	2	3
Hombres	1	1	1	1	1
Mujeres	2	1	1	1	2
Edad Int. 01	26	33	30	29	30
Edad Int. 02	28	28	33	35	25
Edad Int. 03	28	N/A	N/A	N/A	30
Edad Int. 04	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Ocupación Int 01	Maestrante	Arquitecta	Ingeniero	Médico	Químico
Ocupación Int 02	Maestrante	Arquitecto	Sistemas	Médico	Arquitecta
Ocupación Int 03	Diseñador Gráfico	N/A	N/A	N/A	Arquitecta
Ocupación Int 04	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Estudios Int 01	Maestría	Licenciatura	Licenciatura	Especialidad	Maestría
Estudios Int 02	Maestría	Licenciatura	Licenciatura	Especialidad	Maestría
Estudios Int 03	Licenciatura	N/A	N/A	N/A	Maestría
Estudios Int 04	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Ingresos Int 01	\$ 14,000.00	\$ 35,000.00	\$ 25,000.00	\$ 30,000.00	\$ 18,000.00
Ingresos Int 02	\$ 14,000.00	\$ 18,000.00	\$ 22,000.00	\$ 40,000.00	\$ 25,000.00
Ingresos Int 03	\$ 12,000.00	N/A	N/A	N/A	\$ 31,000.00
Ingresos Int 04	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Estado del inmueble	En renta	Propia	Propia	En renta	En renta
Suministro de agua	SIAPA	SIAPA	Pozo	SIAPA	SIAPA
Tipo de vivienda	Vertical	Vertical	Vertical	Vertical	Horizontal

Nota: Tabla de elaboración propia



Tabla 4.2: Continuación

<b>Indicador</b>	<b>Caso 06</b>	<b>Caso 07</b>	<b>Caso 08</b>	<b>Caso 09</b>	<b>Caso 10</b>
Integrantes	2	2	4	4	2
Hombres	1	1	1	3	1
Mujeres	1	1	3	1	1
Edad Int. 01	62	30	30	27	69
Edad Int. 02	49	31	31	29	55
Edad Int. 03	N/A	N/A	65	6	N/A
Edad Int. 04	N/A	N/A	59	8	N/A
Ocupación Int 01	Arquitecto	Arquitecto	Medico	Mecánico	Pensionado
Ocupación Int 02	Administrativa	Arquitecta	Desempleada	Estudiante	Maestra
Ocupación Int 03	N/A	N/A	Ama de casa	Estudiante	N/A
Ocupación Int 04	N/A	N/A	Técnico	Estudiante	N/A
Estudios Int 01	Licenciatura	Licenciatura	Especialidad	Primaria	Primaria
Estudios Int 02	Secundaria	Licenciatura	Licenciatura	Licenciatura	Licenciatura
Estudios Int 03	N/A	N/A	Primaria	Kinder	N/A
Estudios Int 04	N/A	N/A	Secundaria	Primaria	N/A
Ingresos Int 01	\$ 50,000.00	\$ 20,000.00	\$ 45,000.00	\$ 15,000.00	\$ 6,000.00
Ingresos Int 02	\$ 16,000.00	\$ 25,000.00	\$ -	\$ -	\$ 14,000.00
Ingresos Int 03	N/A	N/A	\$ -	\$ -	N/A
Ingresos Int 04	N/A	N/A	\$ 15,000.00	\$ -	N/A
Estado del inmueble	Propia	En renta	Propia	En renta	Propia
Suministro de agua	SIAPA	SIAPA	SIAPA	SIAPA	Pozo
Tipo de vivienda	Horizontal	Vertical	Horizontal	Horizontal	Horizontal

Nota: Tabla de elaboración propia





#### 4.2.2 Producto obtenido

La información obtenida de la etapa 01 dará como resultado los **perfiles de los usuarios** que habitan en la vivienda, dicha información fue estratégicamente seleccionada debido a su relación que mantienen con los consumos de agua, lo que nos permitirá obtener promedios, máximos y mínimos de consumo de agua en relación a: número de integrantes por vivienda, ingreso mensual, edad y género. Identificar factores externos que **acrecientan los consumos** de agua como:

- Discapacidades
- Enfermedades
- Mascotas
- Actividades deportivas
- Necesidades especiales de la tercera edad
- Tiempo aproximado de permanencia en la vivienda en relación a sus ocupaciones

Por último, el tener conocimiento de las ocupaciones y niveles máximos de estudio nos permitirá cruzar esa información con los hábitos de consumo y niveles de conciencia ecológica y del cuidado del agua pertenecientes a la etapa 05 y así poder determinar si existe alguna relación entre estos. De igual manera el tener conocimiento de los ingresos promedio nos permitió identificar si las **limitantes de sus ingresos económico** per cápita es una de las razones por las que no se cuenta con ecotecnologías para al cuidado y ahorro del agua, o de lo contrario poder identificar las **condicionantes** que mantienen a los usuarios indiferentes ante las distintas opciones y estrategias actuales para el cuidado del agua. Es de **carácter obligatorio** dejar en claro que esta actividad es con **finés académicos**, no se recabó información personal como nombres, documentación legal o documentación con información bancaria, la información presentada no será diferenciada y quedará como un dato estadístico más, por lo cual su **identidad siempre estará resguardada**. De igual manera en el desarrollo de la entrevista si consideraban que alguna pregunta excedía los límites de su privacidad o los hacía sentir incómodos, se dio la libertad de omitir la respuesta e incluso de dar por **terminada la entrevista**. Tiempo estimado de entrevista: **20 – 30 minutos**.





### 4.3 Radiografía espacial de las viviendas en caso de estudio

Esta etapa tiene como finalidad el poder comprender de manera global **la composición física de la vivienda**, sus espacios, mobiliario y equipamiento con la que se encuentra dotada con el objetivo de poder identificar un programa arquitectónico base y así mismo las **zonas con más alto consumo de agua potable** dentro de la vivienda. Para fines informativos es de gran valor utilitario el conocer las características de capacidad del mobiliario de consumo hídrico como lo es: la capacidad en litros de lavadoras, capacidad en litros de los inodoros, capacidad en litros de las tinas y bañeras en caso de contar con alguna etc. Debido a que esta información se va a cruzar con la información de los hábitos de consumo de la etapa 05, ya que si se sabe la capacidad por ejemplo del sanitario y se tiene la estadística del número de veces que se utiliza este sanitario se podrá **estimar el gasto** de este mobiliario. Una vez entendido esto se estructuró una encuesta compuesta de **39 preguntas** (Ver anexo “Guía de encuesta para etapa 02 “Características espaciales de la vivienda”) que contemplaban información de todos los espacios interiores y exteriores de la vivienda, así como del mobiliario hídrico que era de interés para la actividad.

Para efectos prácticos, esta actividad se llevó a cabo inmediatamente terminada la actividad de la etapa 01, en donde se señaló el término del cuestionario con referencia a los integrantes de la vivienda y que era momento de entrar en materia de la composición espacial de su vivienda. Del mobiliario se solicitó el tener conocimiento de las **capacidades en litros** de los mismos e igual se les invitó a si no se sentían seguros con esta información se les permitió revisar los espacios y poder cerciorarse de tener la información exacta antes de comenzar la encuesta. Es importante señalar que una vez finalizada la encuesta se procedió a hacer un **recorrido** por la vivienda para cerciorarse que la información proporcionada era correcta y a su vez identificar las zonas húmedas de la vivienda donde posteriormente se instalarían los medidores de caudal e identificar **posibles complicaciones** al momento de ser instalados, todo esto con la finalidad de preparar el terreno para la implementación de la etapa 03 y evitar contratiempos que pudieran **interrumpir** e incluso pausar y aplazar la secuencia establecida entre etapas dentro de la vivienda.





#### 4.3.1 Resultados obtenidos

Una vez recabada y analizada la información obtenida de esta etapa se pudo identificar y establecer como **programa arquitectónico base** de las viviendas analizadas el siguiente listado:

- Estancia
- Comedor
- Cocina
- Patio/jardín (aplica para viviendas unifamiliares horizontales y departamentos en planta baja).
- 2 recamaras
- 1.5 baños
- Área de lavado

Cabe destacar que de los 10 casos de estudio analizados se presentaron algunas **peculiaridades/irregularidades** que si bien salían fuera de la moda estadística y el programa arquitectónico base **no afectaron** de manera directa los resultados encontrados, dichas peculiaridades fueron las siguientes:

- 02 de los casos de estudio solo tenían 01 baño completo general para todos los integrantes de la vivienda
- 01 de los casos de estudio tenía 3 recamaras
- 01 de los casos de estudio tenía 02 baños completos y 01 medio baño
- 01 de los casos de estudio no tenía área de lavado
- 01 de los casos de estudio sobrepasaba los m<sup>2</sup> estipulados (más de 70 m<sup>2</sup>)
- 03 de los casos de estudio poseían tubería de galvanizado con oxido y corrosión a la vista y con los accesorios de salida en mal estado (lo cual complicaría la instalación de los medidores de caudal)

De manera ilustrativa una planta arquitectónica tipo de los casos analizados seria la siguiente (imagen meramente ilustrativa sin exactitud alguna):

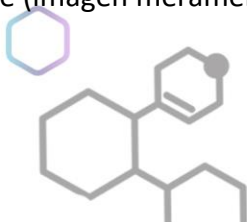
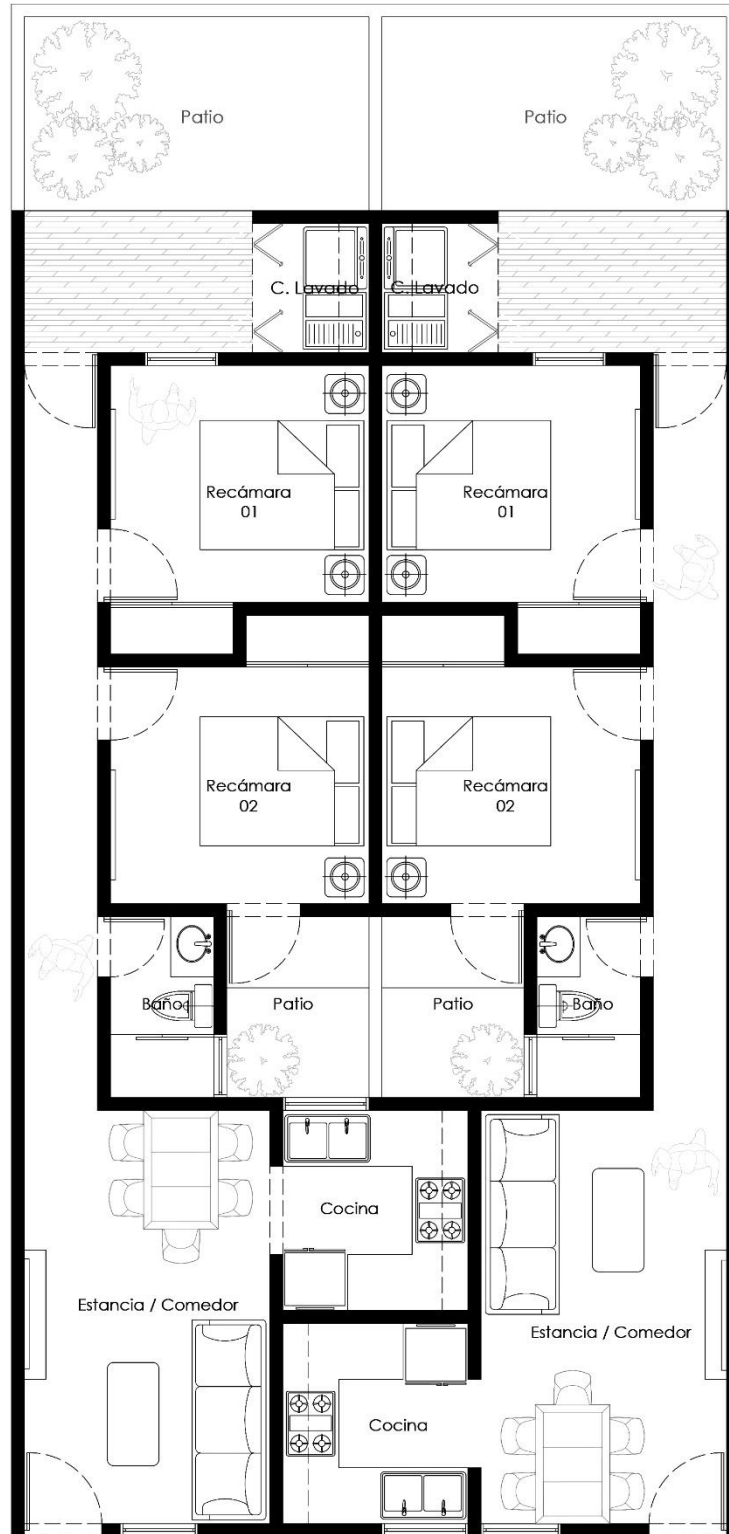


Figura 4.2 Planta arquitectónica tipo de las viviendas analizadas



Nota: Imagen de elaboración propia



Entrando en términos de mobiliario hídrico una vez analizada la información proporcionada por los usuarios y contrastada con lo observado en el recorrido de la vivienda encontramos los siguientes resultados:

- 08/10 de los casos de estudio tenía una salida de agua situada en área de cochera/estacionamiento
- 10/10 de los casos de estudio tenían en la tarja de la cocina llaves mezcladoras “estándar” (ninguna tenía un sistema de aireado o “llaves ahorradoras”)
- 04/10 casos de estudio tenían medio baño de servicio para visitas independiente del baño completo.
- 00/10 casos de estudio tenían tina de baño
- 10/10 casos de estudio tenían regadera estándar de salida tipo “cebolla” (ninguna contaba con aireador o salida tipo “lluvia/pulverizadora” o “ahorradora”)
- 10/10 de los casos de estudio tenían en los lavamanos de los baños llaves mezcladoras “estándar” (ninguna tenía un sistema de aireado o “llaves ahorradoras”)
- De los 10 casos de estudio 03 tenían sanitarios “estándar” de 4.8 litros de capacidad por descarga, 04 tenían sanitarios “de bajo flujo” de 3.8 litros de capacidad por descarga y 03 tenía sanitario tradicional (modelo antiguo y discontinuado) de 6.0 litros de capacidad por descarga.
- De los 10 casos de estudio 01 no contaba con área de lavado (acudían a lavanderías), 08 de los casos de estudio tenían lavadoras “comerciales” de entre 16 kg – 22 kg de capacidad de carga y con consumos de agua de entre 75 L. y 115 L. por ciclo, 01 de los casos de estudio solo tenían lavadero (14 L. de capacidad en la pileta) como herramienta de limpieza.
- 06/10 de los casos de estudio tenían una salida de agua en el patio/área verde y 03/10 casos de estudio no tenían patio por estar en un segundo o tercer piso y 01/10 casos de estudio tenía patio mas no salida de agua.

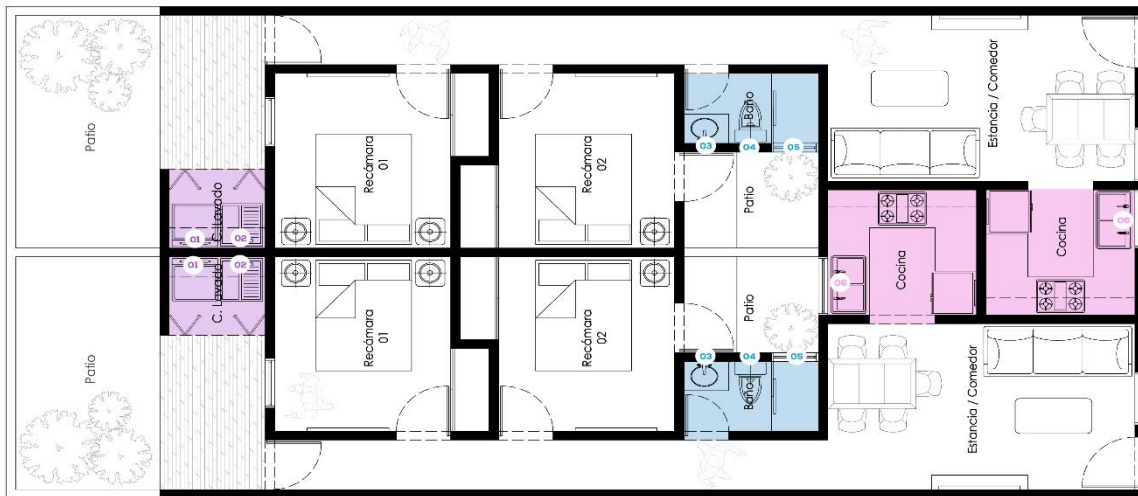
*Tiempo estimado de encuesta: 30 – 45 minutos.*



#### 4.3.2 Producto obtenido

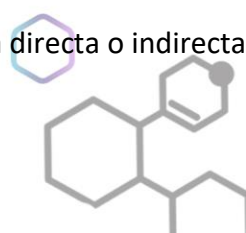
La información obtenida de la etapa 02 dio como resultado una **radiografía espacial** de las viviendas y un **programa arquitectónico base** con el cual poder **especular** al momento de obtener **valores de consumo aproximados**. Por otra parte, nos permitió el poder tener un registro de la cantidad de **salidas de agua** dentro de cada una de las viviendas analizadas, lo cual determino las áreas potenciales para el análisis de consumo de agua, en donde con apoyo de **medidores de caudal** instalados en las áreas seleccionadas nos permitió saber con exactitud el gasto real y medurado de las salidas de agua monitoreadas. Como dato adicional esta etapa fue base para determinar el estado físico de las instalaciones en las zonas húmedas y anticipar posibles complicaciones al momento de instalar las herramientas de monitoreo, en donde **03** de los casos si fue necesario el **cambio** por lo menos del accesorio de salida para poder acoplar el medidor de caudal.

Figura 4.3: Zonas húmedas dentro de la vivienda y salidas de agua potable



Nota: Fotografía propia

Esta información de igual manera que en la etapa anterior nos dio datos estadísticos como **moda y promedio de mobiliario hídrico** con el que cuentas las viviendas de clase media. Dicha información fue cruzada con la información de la etapa 01 para poder determinar si el número de mobiliario hídrico está en función del número de usuarios e incluso fue cruzada con la información de la etapa 05 para indicar si **el número de mobiliario incide** de manera directa o indirecta en los hábitos de consumo de los usuarios.





#### 4.4 Prácticas ecológicas y nivel de aceptación a ecotecnologías.

Esta etapa entra en el campo de lo **cuantitativo**, se buscó la obtención de información con referencia a hábitos de consumo de agua potable, que como se menciona en el apartado de “significación cualitativa” tiene gran relevancia al momento de hablar del estado actual del agua en México, el estrés hídrico y deficiencia de cobertura que presentan las fuentes de abastecimientos de la república mexicana. Por lo tanto, el poder profundizar en el tema de ¿Cuánta agua se está usando? ¿Dónde se está usando? ¿Cómo se está usando? Y ¿Por qué se está usando de esa manera? complementara de manera integral el presente trabajo de investigación para evitar presentar una solución superficial que no ataque el **problema de raíz** relacionado más a temas de hábitos que a temas técnicos.

De manera más específica dentro de los tres bloques en los que se dividieron las preguntas aplicadas el primero corresponde al **nivel de información** que tienen los usuarios acerca del **estado actual del agua** del mundo y de México, esto con la finalidad de buscar una relación de esta información con respecto a su premura del uso mesurado del agua de primer uso en comparación con regiones de sequías constantes. El segundo bloque se estructuró con la intención de averiguar si los usuarios conocían **prácticas ecológicas en torno al cuidado del agua**, en caso de si contar con ellas fue importante saber de dónde adquirieron ese conocimiento, y en caso de no contar con ellas saber si consideraban importante el manejar esa información y donde consideraban prudente que es necesario empezar a hablar de esos temas. Por último, el tercer bloque se centró en las **ecotecnologías**, en donde se preguntó a los usuarios ¿Qué entendían por ecotecnologías?, saber si contaban con alguna de ellas, en caso de no contar con ellas, averiguar cuáles son las principales **razones** de no tenerlas y por último conocer su disposición y nivel de aceptación con respecto a estas, con la finalidad de medir terreno a la posible **inserción** del sistema de tratamiento propuesto en este trabajo de investigación.



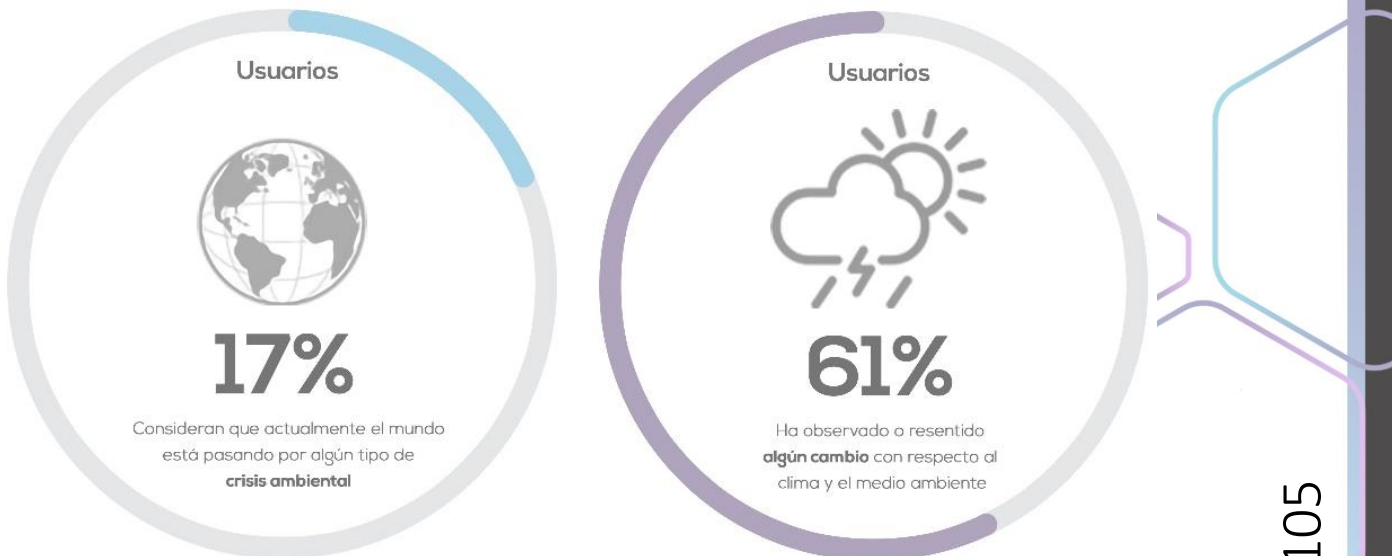


#### 4.4.1 Resultados obtenidos

Una vez recabada la información de la etapa 03, analizada y cruzada con las etapas previas se encontraron una serie de hallazgos con estrecha relación a los consumos de agua y los **hábitos ecológicos**, dentro de los cuales los más relevantes o de impacto directo sobre los resultados cuantitativos fueron los siguientes:

De los 26 usuarios entrevistados de los 10 casos de estudio solo el **17 % (4 usuarios)** manifestó tener preocupación y/o conocimiento acerca de la crisis climática que atraviesa el planeta en estos momentos, esto en base a noticias obtenidas vía **redes sociales** (principalmente TikTok) y Twitter, cabe destacar que **ninguno** de los 4 usuarios declaró mantenerse al día de dicha información a través de fuentes oficiales gubernamentales o artículos científicos. El otro restante **83% (22 usuarios)** manifestó el estar completamente seguros que **NO** hay cambio climático, que la información que se presenta (en redes sociales) solo es para alarmar a la población y hacer uso del miedo como herramienta de contención y control. Sin embargo y de manera contrastante y contradictoria a dichas declaraciones **el 61% (15 usuarios)** declaró haber percibido cambios e irregularidades en el clima y las estaciones del año.

**Figura 4.4:** Resultados de la percepción de los entrevistados al cambio climático



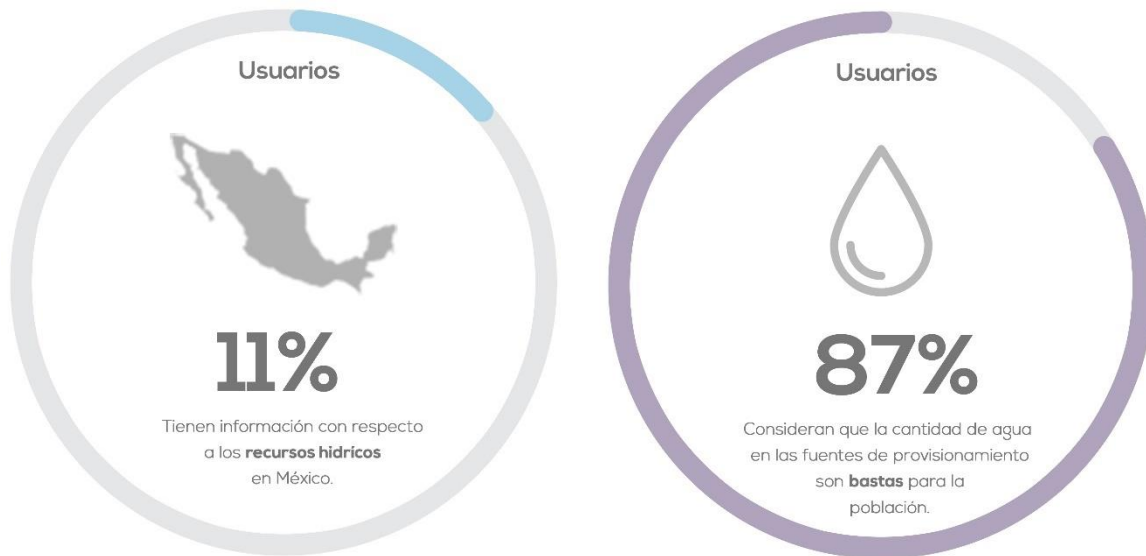
Nota: Imagen de elaboración propia en base a entrevista





Continuando con el tema del nivel de conocimiento de los usuarios pero ahora con respecto del estado del agua en México los entrevistados reportaron que solo el **11% (3 usuarios)** tienen conocimiento o noción del estado del agua en México y Jalisco, e igual que en el caso del estado del mundo las noticias obtenidas es por vía **redes sociales** (principalmente TikTok) y Facebook, cabe destacar que **ninguno** de los 3 usuarios declaro mantenerse al día de dicha información a través de fuentes oficiales gubernamentales o artículos científicos. Por otro lado, el **87% (22 usuarios)** indicaron que consideran que se tiene “suficiente” agua en las fuentes de aprovisionamiento y que el **“día cero del agua”** se encuentra a varios años de alcanzar al País/Estado. Lo anterior mencionado fueron **respuestas especulativas** debido que al momento que se les solcito que justificaran su respuesta y en que se basaban o la fuente de información consultada todos respondieron con base a **percepción y experiencias** de su día a día y el cual se encuentra condicionado a su entorno.

**Figura 4.5:** Resultados de la percepción de los entrevistados al estado de agua en México



Nota: Imagen de elaboración propia en base a entrevista

Como pregunta de soporte para esta información presentada se les cuestionó a los usuarios que si consideraban que al ellos tener la concepción de que el agua en el País/estado es **holgado** provocaba que el uso del agua potable por parte de ellos fuera más **desmesurado e irresponsable**. La respuesta del 95% (24 usuarios) fue **Si...**





A manera de actividad didáctica para los usuarios y con la finalidad de poder determinar qué tan **importante** es el agua potable en la vida de los usuarios se les pidió a los participantes que en base al listado de **recursos/servicios** que se les brindó y que son con los que cuenta la vivienda jerarquizaran cuales consideran de mayor importancia y/o consideran **vitales** para poder llevar a cabo sus actividades. Los recursos/servicios que participaron en dicha dinámica fueron los siguientes:

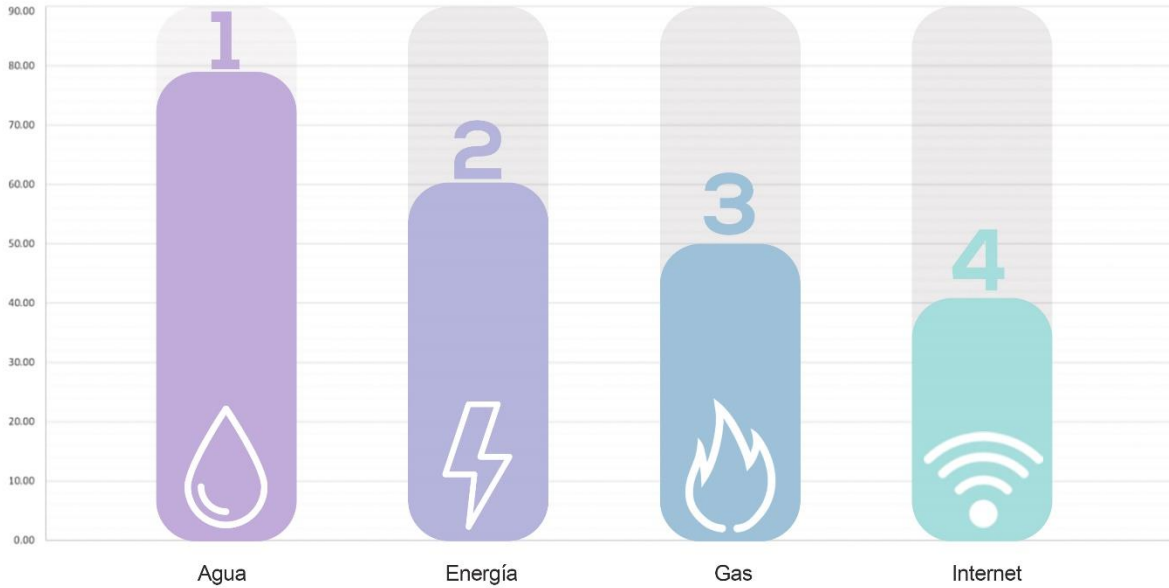
- Gas
- Internet
- Energía eléctrica
- Agua

De dicho listado el **93% (24 usuarios)** indicaron que consideran **agua** como el **recurso más importante y vital dentro del hogar**, ya que considera que sin este recurso **NO** podrían realizar la mayoría de las actividades que se llevan dentro del hogar. Seguido de este **79% (20 usuarios)** indicaron que la **energía eléctrica** es el segundo recurso más importante dentro del hogar y que si bien muchas de las actividades dentro del hogar están ligadas a aparatos e instalaciones alimentadas por este recurso consideran podrían sobrellevar varios días sin este implementando estrategias alternativas como uso de veladoras para la iluminación nocturna, uso de la estufa en lugar del microondas etc. Por otro lado, el **47% (12 usuarios)** indicaron que consideran el **gas** como recurso vital dentro de la vivienda ya que igual que en caso de la energía eléctrica consideran que podrían sobrellevar varios días sin este recurso de igual manera implementando estrategias alternativas como lo es calentar agua con un calentador eléctrico, comprar comida preparada (económicamente no viable a largo plazo), uso del microondas etc. Por último, solo el **08% (02 usuarios)** posicionaron a las **telecomunicaciones** (telefonía y Wifi) como un recurso vital dentro del hogar, puesto a que la mayoría coincidió que podrían llevar una vida normal sin este recurso (no aplica para los dos usuarios mencionados ya que realizan Home Office) y el resto menciona que no les implicaría un problema ya que la mayoría hace más uso del celular y datos que el mismo teléfono de casa e internet del mismo.





**Figura 4.6:** Resultados del Top 4 de recursos dentro de la vivienda según usuarios



Nota: Imagen de elaboración propia

Entrando en el tema de las ecotecnologías a manera de resumen los usuarios expresaron **NO** tener conocimiento del significado real de la palabra “ecotecnología”, proporcionaron definiciones vagas y especulativas de lo que creían se podría a tribuir un sistema de este tipo y solo pudieron identificar/mencionar al **calentador solar** como ejemplo de esto. De igual manera es importante señalar que de los 10 casos de estudio solo **01** tenía sistema fotovoltaico y **04** tenían calentador solar, los otros 05 casos de estudio **NO** poseían alguna ecotecnología de ningún tipo. Seguido de esto se les pidió a los usuarios que indicaran las principales razones por las que su vivienda no contaba con alguna ecotecnología, esto con la finalidad de poder identificar los factores y condicionantes que limitan el acceso por parte de ellos a estas tecnologías y las respuestas más recurrentes fueron las siguientes:

El primero lugar lo obtuvo la respuesta **“Considero que son muy caros y no puedo costearlos”** con 10/10 casos señalándolo y argumentando que de lo poco que han investigado consideran que los ingresos del hogar NO podrían acceder a este tipo de sistemas, seguido de este y empatado en número de respuestas los usuarios mencionaron





que consideraban el **“uso de estos sistemas como muy complicados”** con 10/10 de los casos señalándolo y argumentando que desde su punto de vista el usar correctamente y darle mantenimiento a este tipo de sistemas es muy laborioso y no quisieran invertir tiempo en la operación de los mismos, el segundo lugar se lo llevo a respuesta **“considero que mi vivienda no está preparada para poder instalar este tipo de sistemas”** con 07/10 casos señalándolo y argumentando que si han llegado a considerar la instalación de algún tipo de ecotecnología (señalando en su mayoría calentadores solares) pero consideran que su vivienda no cuenta con la infraestructura necesaria y no tienen el mínimo interesa e realizar trabajos de albañilería para poder instalarlos. El tercer lugar se encuentra ocupado por la respuesta **“no tengo ningún tipo de interés en este tema”** con 6/10 casos señalándolo y argumentando que no tienen interés alguno en informarse e instalar algún tipo de ecotecnologías y que consideraban esto como un **“gasto innecesario y que solo se lo pueden permitir la gente rica”**, así mismo señalaron que les da igual el cuidado de los recursos con el argumento de **“para que lo hago yo si todo mundo hace lo que quiere y desperdicia”**. Por último, el cuarto lugar se lo llevo la respuesta **“no sé qué son las ecotecnologías y donde adquirirlas”** con 04/10 casos señalándolo y argumentando que jamás habían escuchado de este tipo de sistemas y no saber a dónde acercarse para solicitar esta información, de igual manera señalaron el haber intentado buscar información por su cuenta, pero la información encontrada fue considerada de **difícil comprensión**.

**Figura 4.3:** Resultados de condicionantes para acceder a una ecotecnología

Caso de estudio	F. Economico	F. Conocimiento	F. Sin interes	F. Complicado	F. Infraestructura
1	●		●	●	●
2	●		●	●	●
3	●	●		●	
4	●	●	●	●	
5	●		●	●	●
6	●		●	●	
7	●	●		●	●
8	●		●	●	●
9	●			●	●
10	●	●		●	●
<b>Promedio</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>7</b>

Nota: Imagen de elaboración propia





Dentro del bloque que se concentró a obtener información por parte de los usuarios acerca de su percepción de **la calidad del agua de primer uso** y de la **calidad de servicio por su organismo operador** (SIAPA) los resultados fueron los siguientes: **86% (22 usuarios)** indicaron que consideran que la calidad del agua y del servicio recibido por su organismo operador (SIAPA) es **regular inclinándose a malo**, por otro lado **14% (4 usuarios)** indicaron que considera que la calidad del agua y del servicio recibido por su organismo operador (SIAPA) **es malo inclinándose a pésimo**.

Figura 4.7: Percepción de los entrevistados con la calidad del servicio y agua recibido en su vivienda



Nota: Imagen de elaboración propia en base a entrevista

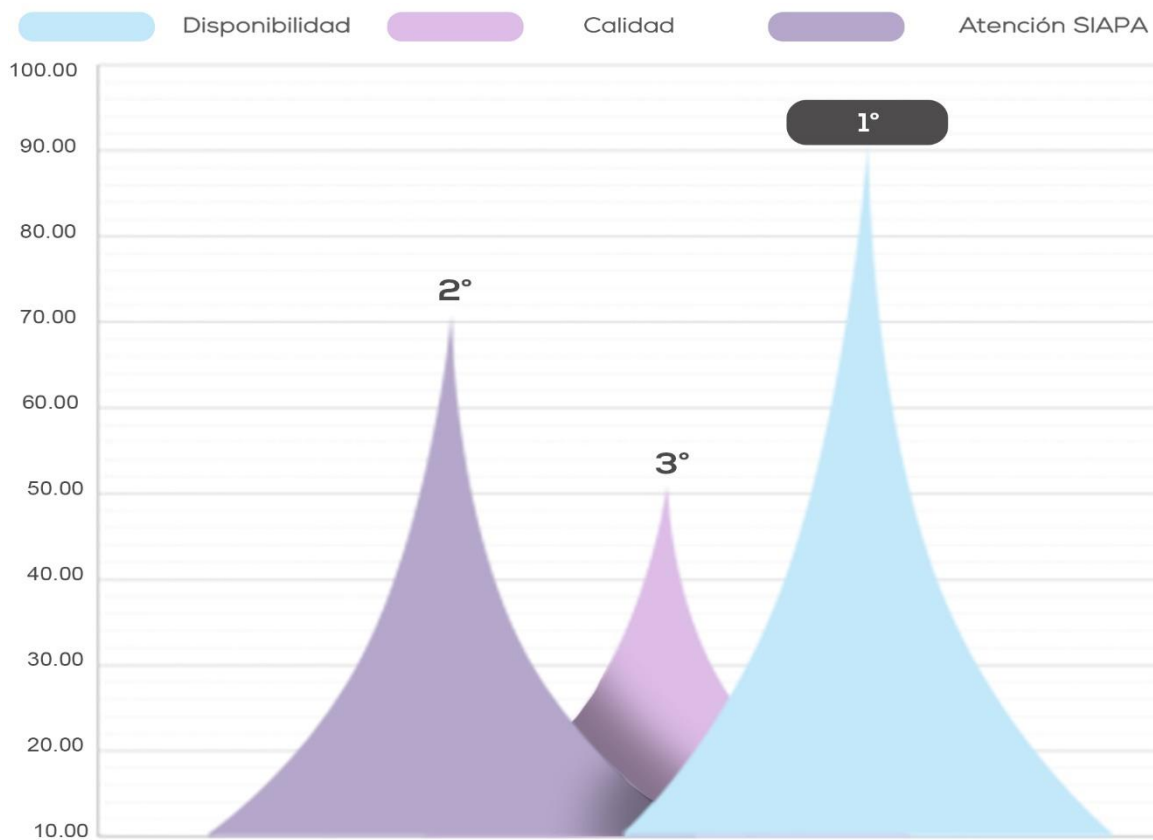
Para poder comprender de manera más amplia se le pidió a cada uno de los usuarios que justificaran el porqué de su respuesta con uno o varios de los incisos de la encuesta dando como resultado que **09/10 casos** de estudio señalaron que miden la calidad del servicio en base a la **disponibilidad del agua de primer uso en la vivienda**, es decir que para los usuarios un servicio de calidad no presenta cortes, tandeos o interrupciones del servicio por ninguna circunstancia y en caso de ser así consideran que dichas eventualidades no deben de exceder más de **un día** en ser resueltas. En segundo lugar **07/10 casos** de estudio señalaron que otro indicador a considerar es la **calidad de agua de primer uso** recibida por el organismo operador, para ello se les pregunto “¿Qué consideraban agua de calidad?” a



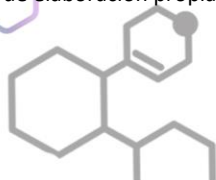


Lo que los usuarios solo pudieron brindar **características organolépticas** como lo es color, olor y sabor, siendo el **color** el principal indicador señalado por parte de los usuarios al momento de hablar de calidad de agua. Es importante señalar que **09/10 casos** de estudio indicaron haber recibido en más de una ocasión agua de primer uso con tonalidades que vareaban entre verde y café. El tercer y último puesto indicado por parte de los usuarios para medir la calidad del agua y de servicio por parte de su operador (SIAPA) fue el **nivel de respuesta** que ofrece el mismo ante eventualidades, es decir para los usuarios una respuesta **rápida** que no exceda más de un día hábil para la resolución de la problemática, con respecto a este tema los usuarios señalaron que la respuesta por parte de SIAPA ante eventualidades que se les han presentado es **pésima** ya que para la resolución de los problemas reportados han transcurrido hasta **7 días hábiles**, destacando que entre los reportes más comunes son por ruptura de infraestructura tanto de alcantarillado como de instalaciones de agua potable.

**Figura 4.8:** Nivel de jerarquización para medir la calidad del agua por parte de los usuarios en la vivienda



Nota: Imagen de elaboración propia



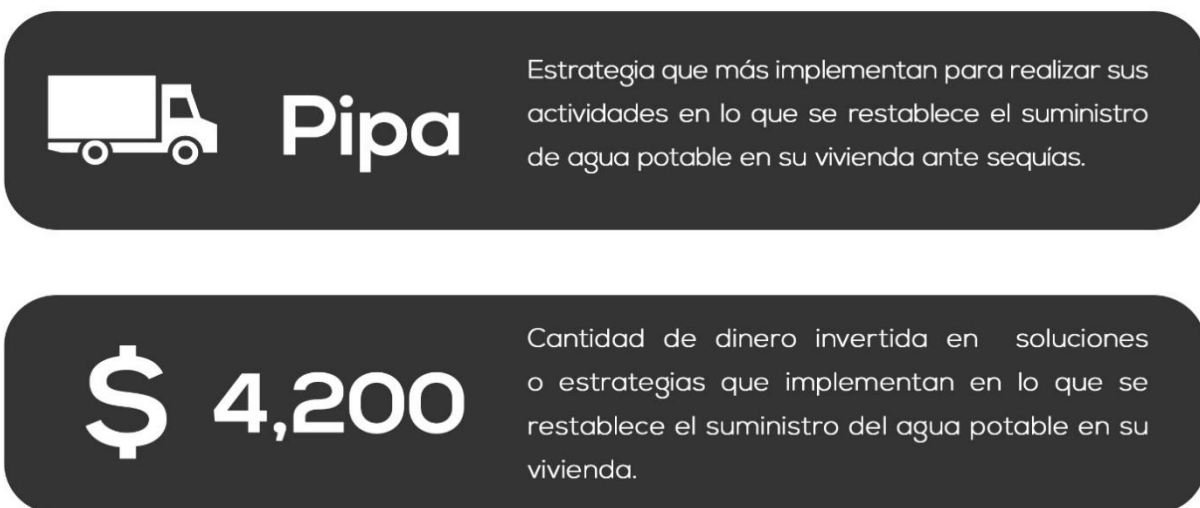


Continuando con la entrevista se les preguntó a los usuarios ¿Cuáles han sido las eventualidades más comunes que han reportado? **10/10 casos** de estudio indicaron que la eventualidad más común reportada son los **recortes de agua**, los cuales en su mayoría han sido generados por **obras de mantenimiento** y en una sola ocasión (y la más prolongada) fue por temporada de **sequía**, indicando que se quedaron sin suministro del líquido hasta por 1 mes. Derivado de lo anterior se les pregunto a los usuarios que ante este tipo de eventualidades cuales son las estrategias implementadas para sobrellevar la situación y las respuestas más comunes fueron las siguientes:

- Saneamiento y utilización de cisternas.
- Rellenado y almacenamiento de tambos y botes
- Compra y utilización de garrafones de agua potable para realizar actividades de aseo
- Compra de camiones pipa para rellenado de cisternas, tinacos y tambos.

Cabe destacar que de las estrategias anteriormente mencionadas la estrategia más asequible y mencionada fue el **rellenado y almacenamiento de tambos y botes**, pero la sequía resentida en 2020 todos los casos optaron por la contratación de camiones pipas, llegando a reportar un consumo/gasto en estos servicios de hasta **\$4,200 MXN** (4 pipas de \$1,200 MXN C/U).

Figura 4.9: Estrategias ante eventualidades más comunes



Nota: Imagen de elaboración propia





Como ejercicio diferenciador se les pidió a los entrevistados que indicaran según su percepción que miembro de la familia consideran utiliza más agua dentro de la vivienda, una vez analizadas todas las respuestas proporcionadas por los 10 casos de estudio el miembro (género) más seleccionado fue el **“femenino”**, al indagar el porqué de esa respuesta se concluyó en base a sus ocupaciones que si bien hoy en día el género femenino se encuentra laboralmente mucho más activo que en otras épocas sigue siendo el miembro con más **estadía dentro de la vivienda**, así mismo sigue siendo el miembro dentro de la vivienda con **más actividades de aseo** y además es el miembro con **actividades de higiene más prolongadas** y completas en comparación al resto de los integrantes de la vivienda.

Dentro del cuerpo de la entrevista se incluyeron una serie de preguntas en relación a las posibles afectaciones resentidas por parte de los usuarios en relación a la calidad del agua que están recibiendo en su vivienda. Si bien ninguno de los casos de estudio reportó haber resentido afectaciones a la salud del tipo digestivo (que era la más esperada y peligrosa) **08/10 de los casos** de estudio indicaron haber presentado repercusiones a la salud del tipo **dermatológico** entre las cuales las principales sintomatologías reportadas fueron las siguientes: enrojecimiento de la piel (brazos, espalda y piernas), enrojecimiento del cuero cabelludo, resequedad en el cabello e irritación de zonas de la cara y presencia de acné. (cabe aclarar que dichas declaraciones **carecen de respaldo de estudios médicos** que lo avalen y solo son expresadas desde el punto de vista y percepción de los usuarios).

Por último, se buscó encontrar una relación entre los consumos de agua de primer uso dentro de la vivienda y las estaciones del año y los aumentos y descensos de la temperatura. **10/10 casos** de estudio señalaron percibir un **aumento de consumo de agua potable entre primavera y verano** (señalando abril, mayo y junio como los más activos) ya que con los constantes y altos aumentos de calor que presentan estas temporadas los usuarios **incrementan la frecuencia en actividades** como lo es el baño en regadera, baño de mascotas, riego de áreas verdes (en caso de contar), y uso de la lavadora más constante por las mudas de ropa y de cambios de cama más seguidos por el exceso de sudor por parte de los usuarios.





**Tabla 4.4:** Percepción del consumo de agua en las estaciones del año

N° Caso	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Ninguno
1	●	●	●		
2	●	●	●		
3	●	●	●		
4	●	●			
5	●	●			
6	●	●			
7	●	●			
8	●	●			
9	●	●			
10	●	●			
Total	10	10	02	00	00

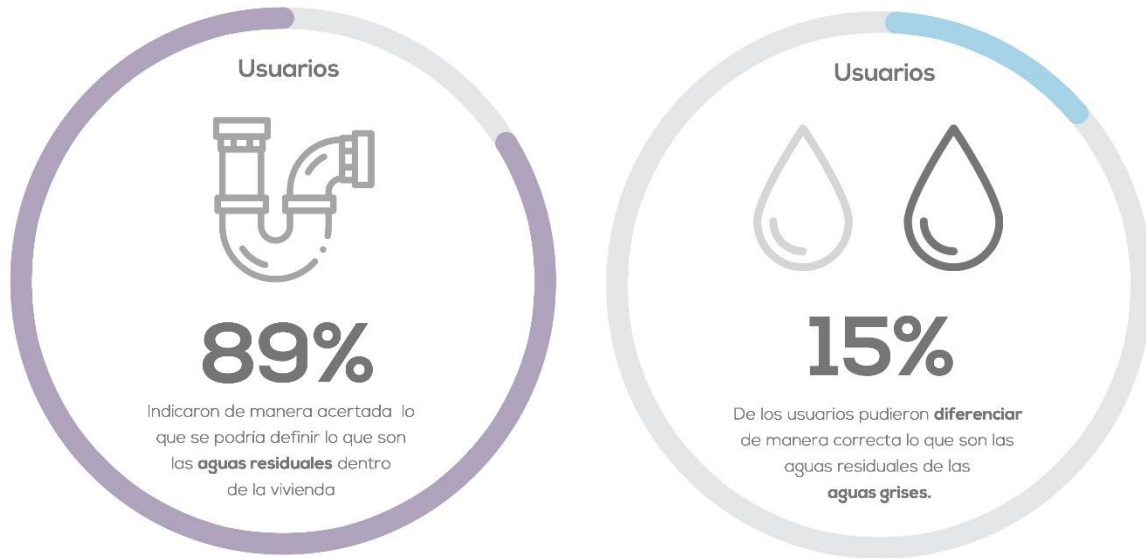
Nota: Imagen de elaboración propia

Por último, en el bloque destinado a recabar la información con relación a las **aguas grises** se estructuraron una serie de preguntas para poder determinar el nivel de conocimiento de los usuarios con respecto a la definición de las aguas grises e información relativa a estas, así mismo se aprovechó dicho bloque para plantearles el sistema que se pretendía desarrollar y que expresaran su **aprobación o desagrado al mismo**. Entre las principales respuestas se encontró la siguiente información:

**89% (23 usuarios)** indicaron de manera acertada (o lo más cercano posible) a lo que se podría definir lo que son las **aguas residuales** dentro de la vivienda y la manera en que esta se disponen de manera tradicional, sin embargo y por contraparte solo el **15% (4 usuarios)** pudieron diferenciar de manera correcta lo que son las aguas residuales de las aguas grises. **65% (16 usuarios)** señalaron **nunca haber escuchado ese término** y solo podían asociar el término a una coloración grisácea del agua como resultado de alguna contaminación de cualquier índole. El resto de los usuarios señaló a manera de pregunta que si dicho término no representaba un **sinónimo** de las aguas residuales. Se aprovechó un espacio entre estas preguntas para dar una pequeña reseña e introducción de lo que realmente significa el término aguas grises dentro de la vivienda, indicarles que zonas de la vivienda generan este tipo de aguas residuales y cuales no, así como los **posibles usos** que se le pueden dar a estas aguas una vez siendo tratadas.



Figura 4.10: Nivel de conocimiento del término “aguas residuales” y su diferenciación con las “aguas grises”



Nota: Imagen de elaboración propia en base a entrevista

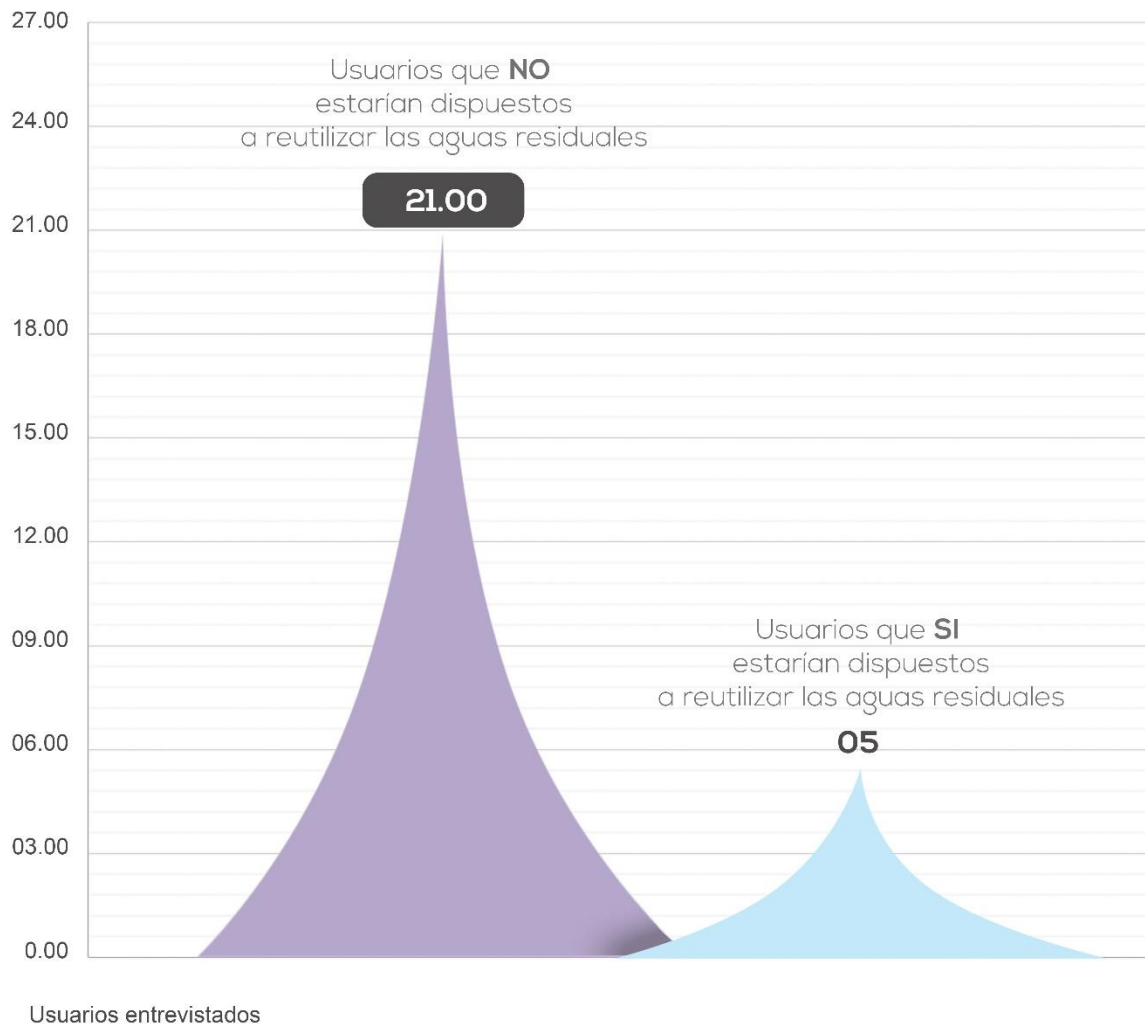
Para efectos prácticos del presente trabajo de investigación se llevó a cabo una dinámica comparativa de aceptación, la cual consistió en preguntarle a los usuarios una vez explicado de manera puntual el termino de aguas residuales “¿estarían dispuestas a reutilizar las aguas grises una vez tratadas?” y el **82% (21 usuarios)** expreso de manera tajante que **NO estarían dispuestos** a reutilizar estas aguas tratadas en ninguna actividad o lugar dentro de la vivienda. Posterior a esto se les explico de manera amplia lo que son las aguas grises y los sistemas de tratamientos de estas que hay en el mercado asi como los posibles usos que se pueden alcanzar con ellas y se les volvió a realizar la misma pregunta “¿estarían dispuestas a reutilizar las aguas grises una vez tratadas?” y sorprendentemente el **92% (24 usuarios)** indico firmemente que **SI** estarían dispuestos a reutilizar estas aguas dentro de la vivienda. Cuando se les pregunto que cuales fueron las principales razones para el cambio en su postura con respecto al tema la mayoría de los usuarios coincidieron en que la principal razón de esto es el hecho de **separar el agua proveniente del W.C.**, ya que consideran que el solo hecho de pensar en estar en contacto con agua que tiene contenido fecal y orina les causa un gran **desagrado y rechazo** al considerarlo antihigiénico, sin importar que estas fueran tratadas con un sistema de desinfección.





Cabe destacar que una vez finalizada la dinámica comparativa de aceptación se les explicó a los usuarios que el agua de primer uso que reciben por parte de su operador (SIAPA) son aguas residuales tratadas, es decir no solo contemplan las aguas residuales municipales (vivienda) si no que a esta se suman las aguas residuales comerciales e industriales y que estas a su vez poseen una **cierta cantidad de residuos metabólicos** (orina y excremento, sudor, saliva etc.). Por lo tanto, de manera indirecta y a pesar de su desagrado si están expuestos y en contacto con este tipo de aguas que ya fueron tratadas. **26/26 usuarios** señalaron desconocer esta información y expresan **NO** sentirse cómodos después de saber el origen del agua que usan para sus actividades.

Figura 4.11: Nivel de aceptación a la reutilización de aguas residuales

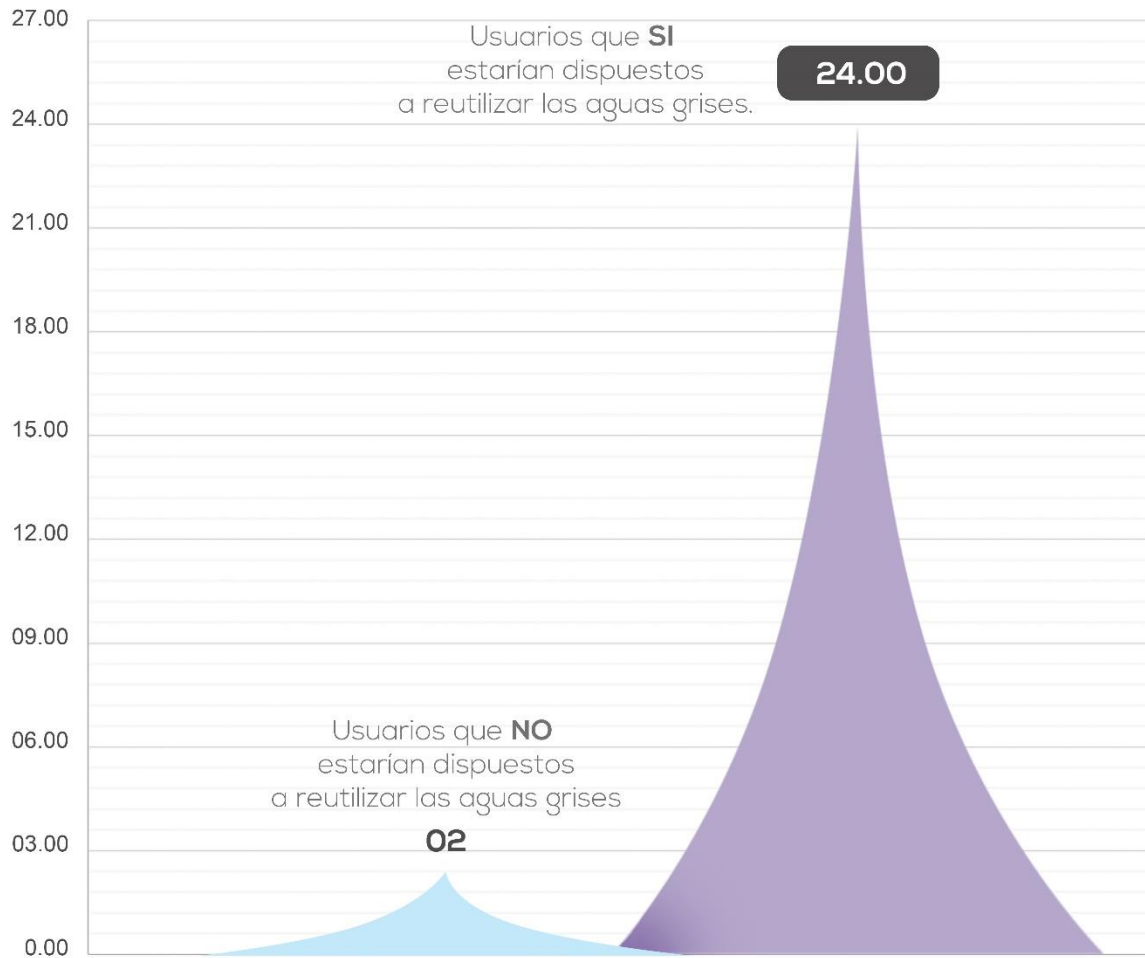


Nota: Imagen de elaboración propia





**Figura 4.12:** Nivel de aceptación a la reutilización de aguas grises posterior a plática informativa



Usuarios entrevistados

Nota: Imagen de elaboración propia

Profundizando más en el tema de las dudas e incomodidades por parte de los usuarios a los sistemas de tratamiento de aguas grises se les proporcionó a los usuarios un listado con los posibles indicadores que podrían incomodar a los usuarios, los cuales fueron:

- Costo total de un sistema de tratamiento.
- Nivel de complejidad de un sistema de tratamiento.
- Posibles olores que desprenden los sistemas de tratamiento.
- Posibilidad de enfermedades por la utilización de un sistema de tratamiento.
- Simplemente les desagrada la idea de la utilización de un sistema de tratamiento.





Los resultados obtenidos de dicha encuesta fueron los siguientes: **10/10 casos** de estudio entrevistados consideran que el adquirir un sistema de tratamiento de aguas grises es muy **costoso** y su nivel económico **NO** les permite la asequibilidad a estos, de igual manera consideran que es un gasto incensario desde su perspectiva costo/beneficio, ya que consideran que este tipo de sistemas son más como **retribución ambiental** y no ven algún otro beneficio en especial económico de tener este tipo de sistemas.

Por otro lado **08/10 casos** de estudio coincidieron en que consideran **que la utilización y mantenimiento** de un sistema de tratamiento de aguas grises **es muy complicado** y que el lenguaje empleado en manuales es de difícil comprensión para ellos, de igual manera señalaron **NO** tener interés alguno en tomar algún curso o capacitación que les permita la utilización de este tipo de sistemas ya que lo consideran *“una pérdida de tiempo”*. Sin embargo, no descartan de ser necesario aventurarse en aprenderlo en un futuro lejano.

**06/10 casos** de estudio indicaron que tienen **“miedo de adquirir alguna enfermedad”** a través de la utilización de un sistema de tratamiento, pues consideran que su salud es **“débil/frágil”** y desconocen si podrían adaptarse a este tipo de aguas tratadas, ya que como señalaron en el bloque anterior suelen presentar **afectaciones dermatológicas** que asocian con la calidad de agua que reciben.

**05/10 casos** de estudio señalaron relacionar a las plantas de tratamiento de aguas residuales con **malos olores** que se desprenden del proceso de tratamiento de las mismas, ya que han tenido contacto indirecto con plantas de tratamiento municipales y perciben olores **“realmente fuertes”** y les da desconfianza que esos mismos olores se puedan llegar a generar dentro de su vivienda.

Por ultimo **02/10 casos** de estudio señalaron que a pesar de la información brindada acerca de los que son las aguas grises y la breve introducción acerca de los posibles sistemas de tratamiento existentes en el mercado **NO se encuentran cómodos y poco interesados** en implementar este tipo de sistemas en su vivienda, sin embargo están en completa disposición de escuchar la información del sistema de tratamiento que se planteará como resultado de este trabajo de investigación y con **posibilidad de cambiar de opinión**.



Figura 4.13: Indicadores de inquietudes por parte de los usuarios a los sistemas de tratamiento



Nota: Imagen de elaboración propia

Con la finalidad de complementar la información anteriormente mencionada y como último ejercicio dinámico del bloque se les pidió que de las opciones brindadas indicaran los lugares y/o usos que le darían al agua tratada en el supuesto de aceptar la implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises. Como resultado de esto los usuarios señalaron lo siguiente: **100% de los usuarios** indicaron que **SI** estarían dispuestos a reutilizar las aguas tratadas para **suministrar a los sanitarios**, esto debido a que no tendrían ningún tipo de contacto directo con dicha agua y que para esa actividad no se requiere de un agua con calidad de tipo higiénica para uso y consumo humano.





Seguido de esto **82% de los usuarios** indicaron que **SI** estarían dispuestos a reutilizar las aguas tratadas para **actividades de limpieza**, en específico para el **lavado de ropa**, esto debido a que si bien si hay de manera superficial un contacto directo con los usuarios desde su percepción la utilización de detergentes y el secado de las prendas al aire libre y bajo los rayos del sol “*neutralizan*” de cierta manera las posibles bacterias que según ellos pudieran haber quedado después del proceso de desinfección de los sistemas de tratamiento.

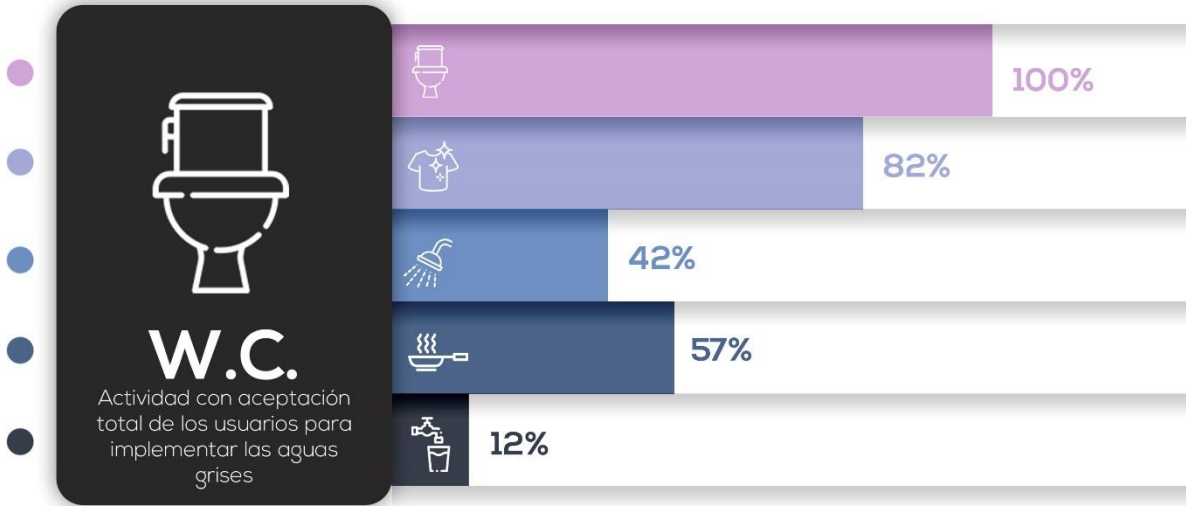
El tercer lugar indicado por el **57% de los usuarios** se encuentra la limpieza y preparación de alimentos, esto en similitud con el puesto anterior los usuarios perciben que la utilización de detergentes para el lavado de frutas, verduras y utensilios así como los procesos de cocción al momento de preparar los alimentos “*neutralizan*” de cierta manera las posibles bacterias que según ellos pudieran haber quedado después del proceso de desinfección de los sistemas de tratamiento.

El cuarto lugar indicado por el **42% de los usuarios** se encuentra en **actividades de higiene**, siendo la **ducha en regadera** el mayormente indicado. Este puesto fue uno de los más complicados definir por parte de los usuarios puesto que mencionaban que para llevar a cabo esta actividad el contacto con las aguas tratadas es completamente directo ya que como mencionan “esta agua estará en contacto directo con el cuerpo, piel, cabello y otras partes del cuerpo, lo cual no es del completo agrado y aceptación por parte de todos los usuarios, los cuales indican que tendrían que hacer “pruebas” de tolerancia de esta agua a su cuerpo antes de realizar esta actividad de lleno.

Por último, el quinto lugar indicado por el **12% de los usuarios** se encuentra en utilizar el agua tratada para **consumo humano** (beber), lo cual si bien según los proveedores analizados (que en el capítulo 05 de aborda de manera amplia) es completamente viable y seguro para la salud humana, esto estrictamente siguiendo al pie de la letra las indicaciones y mantenimientos señalados por parte de los capacitadores a los operarios de estos sistemas. Cabe destacar que estos sistemas se encuentran apoyados por un filtrado final similar a las plantas potabilizadoras de garrafones presentes actualmente en el mercado, con lo cual se garantiza un agua con calidad hasta la norma 127 mencionada en este trabajo.



**Figura 4.14:** Nivel de aceptación de zonas para reutilización de aguas grises



Nota: Imagen de elaboración propia

Como parte final de este bloque se les indicó a los usuarios que si bien la implementación de un sistema de tratamiento puede reducir el consumo de agua de primer uso dentro de la vivienda hasta un 65% será imprescindible el realizar pequeños cambios con respecto a sus **hábitos de consumo y los productos** (de limpieza en su mayoría) que utilizan en sus actividades cotidianas. Se les indicó algunos ejemplos de productos que podrían utilizar y algunas modificaciones que podrían hacer en sus actividades relacionadas al consumo de agua potable y la respuesta de los usuarios fueron las siguientes: **81% (21 usuarios)** indicaron que **SI** estarían dispuesto a **modificar sus hábitos de consumo** por algunos **ecológicamente más responsables**, sin embargo el **restante 19% (5 usuarios)** señalaron que **“no tienen tiempo”** para dedicar a medir el consumo de agua en ciertas actividades y no lo consideran **“necesario”**. Por otro lado, solo **47% (12 usuarios)** indicaron que **SI** estarían dispuestos a cambiar sus productos por otros **ecológicamente más amigables**, el otro **53% (14 usuarios)** justificaron su negativa señalando que los productos sugeridos son hasta **3 veces más caros** que los utilizados comúnmente. Por último, es importante señalar que de los 10 casos de estudio **ninguna de las viviendas poseía algún sistema de tratamiento** residuales y así mismo **ninguno de los 10 casos se encuentra preparados** en cuestión de instalaciones para recibir la instalación de algún sistema de tratamiento de aguas grises.



#### 4.5 Conclusiones

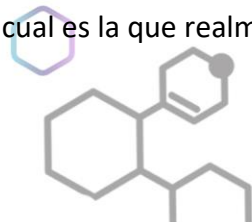
Una vez finalizadas las etapas 01, 02 y 03 podemos concluir lo siguiente: El tamaño de la muestra abarcó varios de los municipios que conforman la ZMG, con lo cual se garantizó que los resultados **no estuvieran influenciados por un contexto inmediato común**. De igual manera se complementó de manera equitativa los casos de estudio entre **tipologías horizontales y verticales**, con la finalidad de poder contrastar si las dinámicas cambian entre estas. La moda en el número de los integrantes de la vivienda fue de **2 integrantes**, lo cual refuerza y da evidencia de los cambios que han sufrido las dinámicas de los núcleos familiares de hoy en día. De igual manera se pudo relacionar las ocupaciones de los usuarios **si afectó** de manera directa con los consumos de agua potable dentro de la vivienda ya que las viviendas con usuarios no laborales registraron un **mayor consumo** de agua potable en comparación a las viviendas donde todos los integrantes se reportaron como laboralmente activos. Todos los casos de estudio tenían un **programa arquitectónico tradicional** lo cual facilitó el trabajo al momento de contrastar los resultados por especulación de los consumos de agua dentro de la vivienda. Lo mismo sucedió para el registro radiográfico del conteo del mobiliario hídrico dentro de las viviendas, el cual tenía un **95% de similitud** entre los 10 casos de estudio. Dicho lo anterior podemos concluir que si bien el mercado inmobiliario en especial el del nicho de vivienda vertical va en constante y acelerado crecimiento la configuración espacial (programa arquitectónico) sigue con una línea tradicional, lo cual quiere decir que los gastos diarios de agua de primer uso estarán directamente ligados al **número de integrantes de la vivienda, las ocupaciones de los mismos y el tiempo de estadía** que estos mantengan dentro de la vivienda. De igual manera se pudo establecer que las dinámicas de consumo solo **variaron un 07%** entre vivienda vertical y vivienda horizontal y se especula que dicha variación está relacionada más por los perfiles de los usuarios en específico que a la configuración espacial de la vivienda. El único factor que si reflejo un cambio mínimo en los consumos de agua fue la presencia /ausencia de un **patio exterior o presencia de áreas ajardinadas**, lo cual no se presentaba en departamentos que no pertenecían a la planta baja.



Por otro lado se puede concluir que es muy **bajo el nivel de conocimiento y percepción** de los usuarios acerca del **cambio climático** y su **escepticismo** ante este y aún más preocupante que sus medios de información para adquirir información con respecto a este tema sean las **redes sociales**, que si bien pueden funcionar como primer contacto con este tipo de información su contenido será siempre de **dudosa veracidad** al no encontrarse reguladas por algún cuerpo académico que de fe de dicha información como si lo son los artículos científicos o fuentes informativas oficiales/gubernamentales. Lo mismo sucede con el nivel de información con respecto al estado del agua en México, al considerar que actualmente se cuenta con **suficiente disponibilidad** de este recurso para abastecer la población, lo cual **merma** la preocupación y ocupación de los usuarios de **preservar y mesurar** el consumo de este recurso en sus actividades cotidianas. También se pudo concluir que si bien los usuarios no están al pendiente del cuidado del uso correcto del agua del primer uso dentro de la vivienda si consideran al agua potable como un **recurso vital** y del cual no podrían prescindir para sobrellevar su día a día.

En el tema de las ecotecnologías los usuarios tienen **completo desconocimiento del tema** y al momento de explicarles en qué consisten este tipo de sistemas su principal preocupación fue el considerarlas como **“caras y difíciles de implementar”**, así mismo se pudo detectar que hay un alto porcentaje de indiferencia hacia este tema, puesto que casi la mitad de los entrevistados señalo **“no tener ningún interés en el tema”**. Por lo tanto, se puede concluir que es necesario introducir este tipo de temas desde el nivel básico educativo con la finalidad de ir **familiarizando** a los habitantes con este tipo de temas e inculcando interés en actividades de **cuidado y preservación** de los recursos naturales.

Por otro lado se pudo concluir que la **poca/nula información** que tienen los usuarios al momento de hablar de **calidad en el servicio** y de los indicadores que se deben atender para considerar la **calidad del agua** de primer uso los **limita** a valorar estas características únicamente en la capacidad de respuesta por parte del organismo operador y considerar que un agua de calidad se mide por su disponibilidad y características organolépticas, dejando de lado otros indicadores más importantes como lo es la composición química de esta, la cual es la que realmente determina si es apta o no para **uso y consumo humano**.





En términos de aguas residuales y grises se concluyó que existe una **fuerte confusión** entre estos términos ya que casi el 100% de los entrevistados menciono jamás haber escuchado que las aguas residuales se subdividían en otro grupo denominado “aguas grises” y que por lo tanto al momento de preguntar su nivel de aceptación a reutilizar las aguas grises dentro de la vivienda se presentó una **negativa casi total**. Por lo tanto, podemos concluir que el **éxito de la aceptación** del sistema de tratamiento de aguas grises resultante de este trabajo de investigación radica en poder transmitir a los usuarios las características específicas de las aguas grises y sus principales diferencias con las aguas residuales ya que como se pudo observar en los resultados del bloque anterior el **92% de los usuarios** manifestó un **total desgrado** a la idea de tener contacto con agua proveniente del sanitario al considerarlo antihigiénico, así que una **diferenciación de aguas residuales** en las instalaciones será imprescindible y necesario en la parte técnica del proyecto propuesto.

También será importante tomar en cuenta las **preferencias del uso** sugerido para las aguas tratadas dentro de la vivienda por parte de los entrevistados, los cuales indicaron que estarían completamente de acuerdo y en disposición de implementar estas aguas en el **llenado de sanitarios y actividades de limpieza** como el lavado de ropa, que como se expresa en los resultados de las etapas 04 y 05 corresponden a zonas de la vivienda con alto consumo de agua de primer uso y zonas de alta generación de aguas grises, volviéndolas idóneas y previamente aceptadas por los usuarios como áreas **potencialmente compatibles** para la reutilización de aguas tratadas.

Por último, será necesario comenzar a **romper tabús** y mitos que giran en torno a los sistemas de tratamiento de aguas residuales ya que la mayoría de los entrevistados los asocian con un **producto costoso y de difícil manipulación** así como la relación que se tiene de estos sistemas con malos olores que estos se creen pueden llegar a generar, lo cual con los avances tecnológicos de hoy en día esa problemática es prácticamente inexistente. De igual manera será importante invitar a arquitectos, desarrolladores e inmobiliarias el incursionar en **incluir este tipo de sistemas desde la etapa de diseño** con la finalidad de tener los requerimientos técnicos mínimos necesarios para poder implementarlos sin modificaciones posteriores que involucren un gasto económico extra.





05

# Consumos de agua potable en la vivienda

(Resultados)



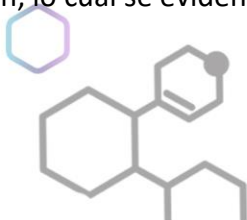
Alumno: Arq. Quezada Limón Luis Francisco. Asesor: Dr. Flores Elizondo Rodrigo. Agosto 2024



## 5.0 Introducción

Esta etapa tiene como finalidad el poder establecer los consumos de agua **potable “reales y exactos”** en la vivienda en sus diferentes puntos de consumo seleccionados en la Etapa 02, esta etapa será realizada a través de la implementación e instalación de aparatos de **medición de consumo hídrico** instalados en las salidas de agua potable que se contemplaron y consideraron como más relevantes y de interés para el presente trabajo de investigación, esta medición será a través de un aparato que se denomina **medidor de caudal**, el cual es un instrumento que se usa para medir el caudal lineal, no lineal, de masa o volumétrico de un líquido o gas. Esta medición se estará efectuando de manera continua e ininterrumpida en un periodo no menor a **02 semanas**, esto con la finalidad de contemplar un tiempo razonable que permita observar el consumo hídrico con las posibles **eventualidades externas** que pueda afectar a la medición, como por ejemplo estadías esporádicas y prolongadas en la vivienda como vacaciones de los niños, Home Office, eventos sociales, así como otros factores tales como variaciones en el clima o temperatura, afectaciones a la salud espontaneas, eventos que requieran un aumento en las actividades de limpieza entre muchos otros más.

Al término de la observación directa se podrán establecer **datos estadísticos** que engloban máximos, mínimos y promedios de los **consumos de agua por vivienda** y a su vez esta información se podrá diferenciar en las distintas zonas para poder evidenciar cuales son las que demandan un mayor consumo de agua potable, las cuales serán consideradas como **áreas potenciales de oportunidad** en la generación, captación y tratamiento de aguas grises. Por último, esta información será **cotejada con los recibos** de agua emitidos por los organismos de provisionamiento en este caso SIAPA, con la finalidad de ver la concordancia en la cantidad de agua cobrada y facturada versus el agua real consumida, será de gran importancia tener la datación del medidor instalado en la vivienda con la finalidad de identificar si la vivienda poseen **medidor de agua obsoleto**, ya que se estima que el promedio de vida útil es de 7 años, pasados estos pierden la efectividad en cuanto a medición, lo cual se evidenciara al momento del cotejo mencionado.





### 5.1 Datos estadísticos de consumo de agua potable en caso de estudio

Una etapa fundamental para poder llegar a los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación es el poder determinar **cuánta agua consumen** las áreas que fueron seleccionadas, para esto primeramente fue necesario que se nos diera acceso a los últimos 3 recibos emitidos por el SIAPA para poder registrar los **consumos oficiales** por los que la vivienda paga, esto con la finalidad de tener un valor base del agua que se está consumiendo dentro de la vivienda. Posteriormente y previo a un diagnóstico del estado físico de las instalaciones con la finalidad de garantizar una correcta instalación de las herramientas seleccionadas para el monitoreo se procedió a el montaje de los medidores de caudal cuyo modelo correspondiente es el siguiente: **Medidor digital de caudal de agua** marca "Save Drop" **modelo P3 P0550** y cuyas dimensiones son las siguientes: 10,16 x 6,86 x 5,08 cm; 82 g. Las áreas seleccionadas para la instalación de los medidores fueron las siguientes: Tarja, lavamanos, área de regadera y área de lavado. Dado el número de medidores con los que se disponía y priorizando **las áreas húmedas que tenían en común** los casos de estudio se tomó la decisión de dejar fuera del monitoreo las áreas exteriores como lo fueron cochera, áreas verdes y patios, sin embargo, sus consumos si quedaron registrados mediante especulación en el cruce del mobiliario hídrico y los hábitos de consumo de los habitantes.

Figura 5.1 Medidores de caudal instalados en los casos de estudio



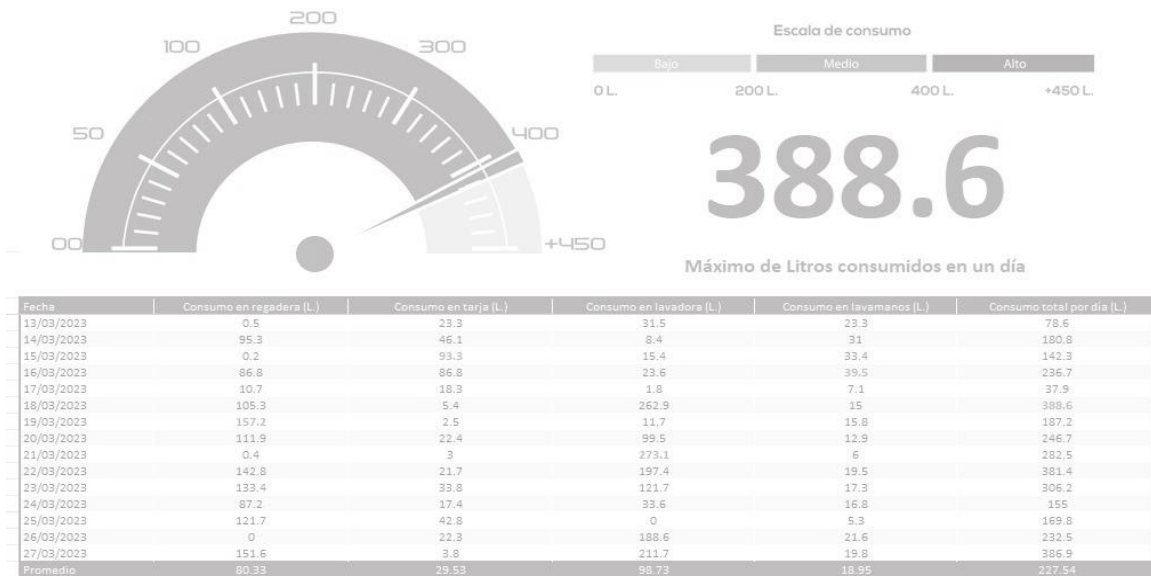
Nota: Figura de elaboración propia a partir de levantamiento fotográfico.



El periodo de monitoreo continuo se estableció en un lapso de tiempo de 15 días por cada caso de estudio, en el cual día con día se llevó un **registro cuantitativo en tiempo real** de los volúmenes de agua consumidos durante las **horas activas dentro de la vivienda**. Para que el registro fuera lo más preciso y claro posible se diseñó un formato en Excel para el vaciado de información y que al mismo tiempo permitiera la generación de tablas y graficas que facilitara la lectura y comprensión de la información recabada en el documento, pudiendo detectar así los consumos **máximos, mínimos y los promedios** tanto particulares de cada caso de estudio, así como de los 10 casos de estudio en general.

Así mismo cabe destacar que el formato fue dotado de un velocímetro que media en tiempo real los consumos de agua potable y estaba diseñado para categorizar mediante el mismo y una codificación de color si el consumo registrado correspondía a **“bajo”, “medio” o “alto”**; esta información fue programada en Excel tomando como base y punto de referencia la información de la OMS que indica que el consumo promedio de agua potable por persona es entre **100 - 200 litros al día** (WHO, 2003), por lo tanto y en base al número de habitantes se establecía el límite permisible en el programa, el cual al ser sobrepasado lo **codificaba** con un color (azul marino en el caso de los máximos), los resultados de todos los casos de estudio se encuentran disponibles en el apartado de **“Anexos”**.

**Figura 5.2** Formato de registro de información para consumos de agua potable



Nota: Figura de elaboración propia a partir de programa Excel



### 5.1.1 Resultados obtenidos

Una vez finalizados los periodos de monitoreo se precedió a una segunda visita en físico a las viviendas de caso de estudio con la finalidad de recolectar los medidores de caudal instalados en las zonas de consumo hídrico. Como trabajo de escritorio se procedió a vaciar, analizar y cruzar la información obtenida con las preguntas de hábitos de consumo y los recibos de SIAPA con la finalidad de obtener **valores absolutos de los consumos de agua potable dentro de la vivienda**. Para efectos prácticos del presente trabajo de investigación se estarán presentando y contrastando los resultados globales obtenidos mediante especulación como resultados de la entrevista de hábitos de consumo y los resultados obtenidos mediante el monitoreo de observación directa. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Como primer dato de partida y considerado el **más importante** del capítulo e incluso se podría decir que es el dato más relevante del presente trabajo de investigación es el **promedio de consumo general de agua potable dentro de la vivienda** tomando en cuenta los 10 casos de estudio analizados. Los resultados obtenidos por especulación y calculo en base a los hábitos de consumo reportados por los usuarios arrojaron un consumo promedio de **495.55 litros de agua por día**, en su contraparte los resultados obtenidos por monitoreo continuo a través de los medidores de caudal arrojaron un consumo promedio de **460.50 litros de agua por día**. Cabe señalar que ambos valores fueron calculados de la siguiente manera: Se llevo a cabo un registro de consumo diario durante los 15 días establecidos, una vez obtenidas dichas mediciones se sacó el **promedio de consumo por vivienda**, es decir la cantidad de litros que se consumieron en su totalidad dividido entre el número de días monitoreados. Seguido de esto se sumaron los promedios de todos los casos de estudio analizados y se dividió entre los 10 casos de estudio analizados obteniendo un **“Promedio representativo” mas no absoluto** tomado en cuenta que este valor no considera eventualidades externas y hábitos de consumo particulares y propios de cada caso de estudio, dejándolo como un valor para uso **“estándar”** de las actividades cotidianas regulares.

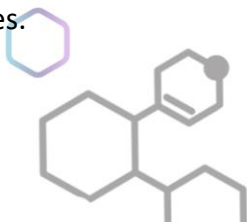




Figura 5.3 Promedios de consumo de agua potable en la vivienda especulativo/monitoreo



Nota: Figura de elaboración propia

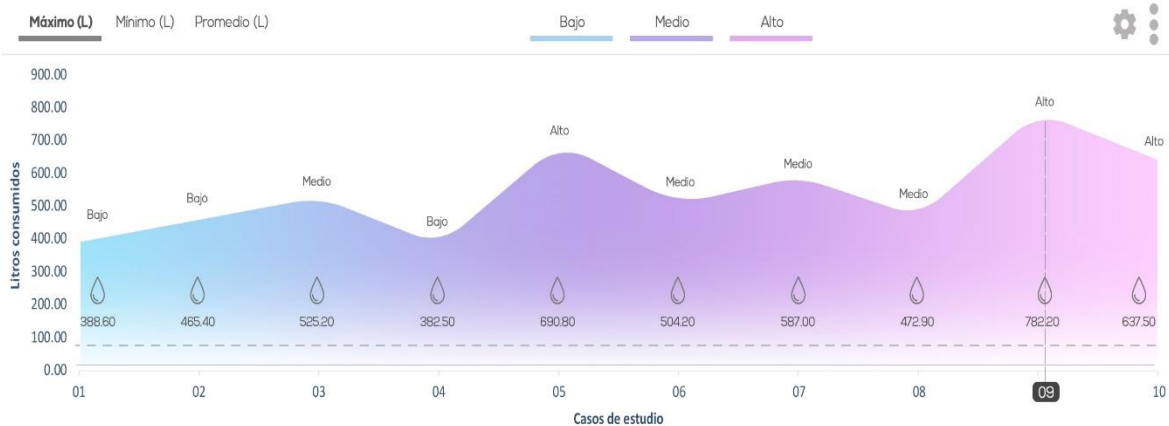
Dentro de estos valores se encuentra englobado un factor muy importante a considerar que son los **picos máximos de consumo** que se registraron durante los 15 días de monitoreo en cada uno de los casos de estudio, ya que estos representan los **gastos máximos** que una vivienda puede llegar a experimentar por una serie de **eventualidades externas** como lo pueden ser: vacaciones de los niños, Home Office, eventos sociales, así como otros factores tales como variaciones en el clima o temperatura, afectaciones a la salud espontáneas, eventos que requieran un aumento en las actividades de limpieza entre muchos otros más. La importancia de este indicador radica en que el **cálculo del sistema** de tratamiento seleccionado tiene que contemplar y estar preparado para poder atender las demandas de los gastos máximos registrados, esto con la finalidad de garantizar el suministro del agua para la realización de sus actividades. Según los registros obtenidos el caso de estudio que presento los mayores picos máximos de consumo corresponde al **caso de estudio 09**, el cual en el registro de consumos por especulación registro un pico máximo de consumo de agua potable de **965 Lt. en un solo día**, en contraparte el monitoreo continuo a través del medidor de caudal llegó a registrar un consumo de agua potable de **782.20 Lt. en un solo día**. Este incremento en los picos máximos de consumo en contraste con el promedio registro representa un **incremento de un 260%**, valor a considerar al momento del cálculo.





Cabe mencionar que en este caso en particular se presentó una condición muy peculiar puesto que uno de los tres integrantes de la vivienda (masculino) indicó abiertamente en el cuestionario del perfil de usuario tener medicamento diagnosticado un **“Trastorno obsesivo compulsivo” (TOC)** relacionado con la limpieza y el orden, con lo cual siente la necesidad de realizar actividades de limpieza más prolongadas y exhaustivas, sin contar que realiza **actividades de lavandería el doble** que los casos que no tienen algún miembro con este trastorno, lo cual se vio reflejado en un **incremento de hasta 35%** en comparación con las otras viviendas monitoreadas. Lo anterior mencionado no quiere decir que los demás casos no presentaron alguna peculiaridad en alguno de sus integrantes ya que se registró casos en los que por ejemplo alguno de los integrantes practicaban actividades o “rutinas de belleza” mucho más prolongadas que en la mayoría de los usuarios, o por ejemplo en el **caso de estudio 05** uno de los integrantes registro que realizaba **tres cambios de ropa al día** lo cual elevaba de manera significativa los consumos de agua en el área de lavado o por ejemplo en el **caso de estudio 07** en donde la jefa de familia realizaba **actividades de cocina** tanto para los miembros de la casa así como para sus hijos que viven fuera con lo cual elevaba de manera significativa los consumos de agua en el área de la tarja. Los picos máximos de los casos de estudio son muy contrastados entre sí y están directamente ligados a los **hábitos de consumo particulares** de cada usuario como se pueden apreciar en la siguiente figura:

**Figura 5.4** Comparativa de picos máximos registrados mediante monitoreo continuo



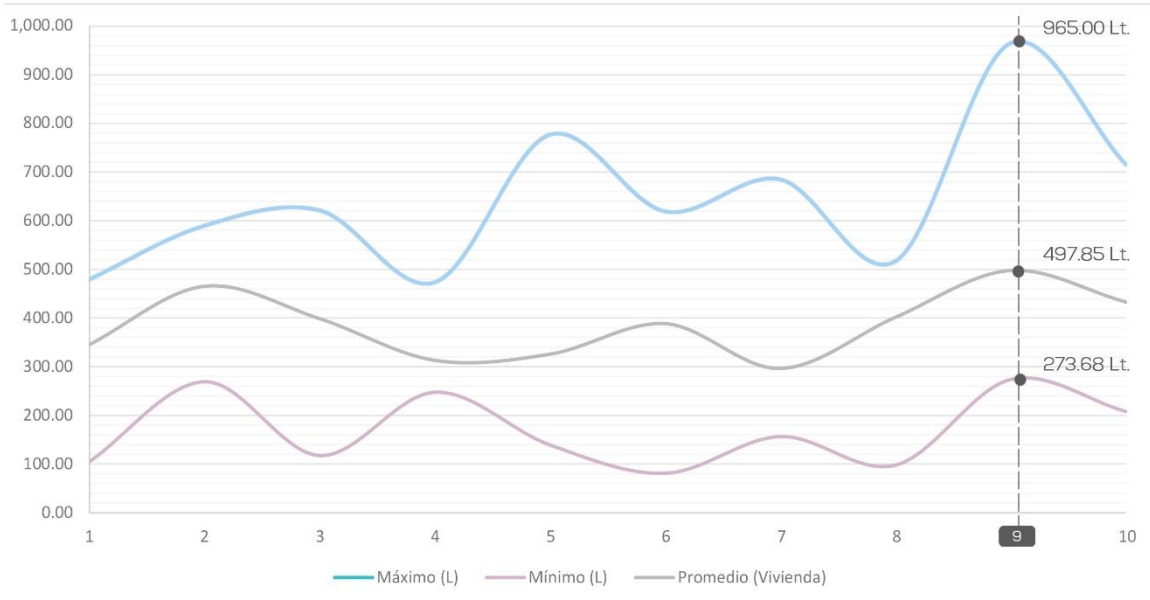
Nota: Figura de elaboración propia





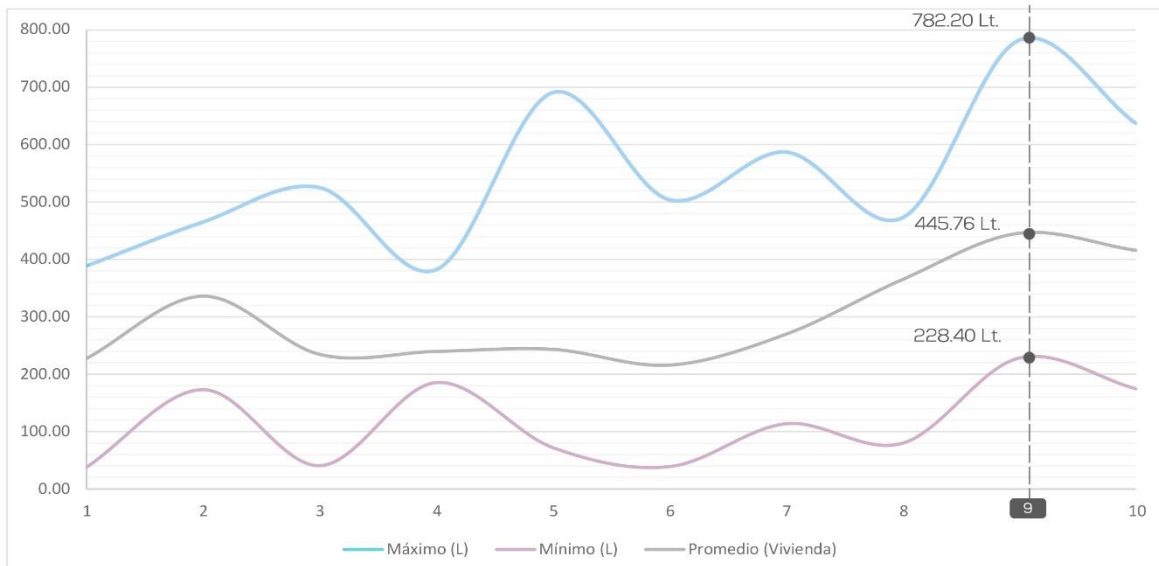
A manera de contraste estadístico se realizó una gráfica comparativa tanto para los resultados obtenidos de manera especulativa como para los resultados obtenidos por edición continua, en donde se puede apreciar de manera evidente las grandes diferencias entre estas como se puede apreciar en las siguientes figuras:

**Figura 5.5** Comparativa de máximos, mínimos y promedios obtenidos mediante especulación



Nota: Figura de elaboración propia

**Figura 5.6** Comparativa de máximos, mínimos y promedios obtenidos mediante monitoreo continuo



Nota: Figura de elaboración propia





Otro indicador importante que se obtuvo como resultado del presente trabajo de investigación fue el consumo promedio por usuario al día tomando en cuenta los 10 casos de estudio analizados. Los resultados obtenidos por especulación y calculo en base a los hábitos de consumo reportados por los usuarios arrojaron un consumo promedio por usuario de **247.78 litros de agua por día**, en su contraparte los resultados obtenidos por monitoreo continuo a través de los medidores de caudal arrojaron un consumo promedio por usuario de **230.25 litros de agua por día**. Cabe señalar que ambos valores fueron calculados de la siguiente manera: Se llevo a cabo un registro de consumo diario durante los 15 días establecidos, una vez obtenidas dichas mediciones se sacó el **promedio de consumo por usuario**, es decir el promedio de litros que se consumieron en su totalidad dividido entre el número de habitantes en la vivienda. Seguido de esto se sumaron los promedios de todos los casos de estudio analizados y se dividió entre los 10 casos de estudio analizados obteniendo un **“Promedio representativo” mas no absoluto** tomado en cuenta que este valor no considera peculiaridades personales de cada usuario y hábitos de consumo particulares y propios de cada caso de estudio, dejándolo como un valor para uso **“estándar”** de las actividades cotidianas regulares.

Figura 5.7 Promedios de consumo de agua potable por usuario especulación/monitoreo



Nota: Figura de elaboración propia





Como parte final de este apartado y en base a los resultados obtenidos y marginados por área se obtuvieron los **porcentuales** correspondientes del **100% del gasto semanal** de la vivienda. Cabe aclarar que se optó por el periodo de tiempo semanal debido a que las actividades que involucran consumos de agua dentro de la vivienda **NO** se encuentran repartidos de manera equitativa en los 7 días de la semana, ya que por ejemplo las actividades de lavado de ropa o limpieza del hogar suelen llevarse a cabo los **finés de semana** debido a que son los días que uno o varios de los integrantes de la familia **descansan** de sus actividades productivas pudiendo **dedicar tiempo** para dichas actividades.

Como resultado de dicho análisis se obtuvieron los siguientes resultados: **El mayor consumo** de agua de primer uso registrado dentro de las áreas húmedas de la vivienda le corresponde al **área del baño**, en específico en las **actividades de la ducha y/o ase corporal**, abarcando un total del **37.32% del agua total** consumida en la vivienda de manera semanal.

**El segundo lugar** de consumo de agua de primer uso registrado dentro de las áreas húmedas de la vivienda le corresponde al **cuarto de lavado**, en específico en las **actividades de lavandería** como lo es el lavado de ropa, abarcando un total de **24.99% del agua total** consumida en la vivienda de manera semanal.

**El tercer lugar** de consumo de agua de primer uso registrado dentro de las áreas húmedas de la vivienda le corresponde nuevamente al **área del baño**, en específico en las **actividades que involucran el uso del sanitario**, abarcando un total del **24.86% del agua total** consumida en la vivienda de manera semanal.

**El cuarto lugar** de consumo de agua de primer uso registrado dentro de las áreas húmedas de la vivienda le corresponde al **área de la cocina**, en específico a las **actividades llevadas a cabo en la tarja**, abarcando un total del **08.36% del agua total** consumida en la vivienda de manera semanal.

Por último, el área con el **menor consumo de agua** de primer uso registrado dentro de la vivienda le corresponda una tercera ocasión al **área del baño**, en específico a las **actividades llevadas a cabo en el lavabo**, abarcando un total del **04.85% del agua total** consumida en la vivienda de manera semanal.

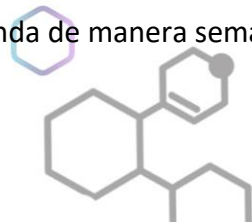
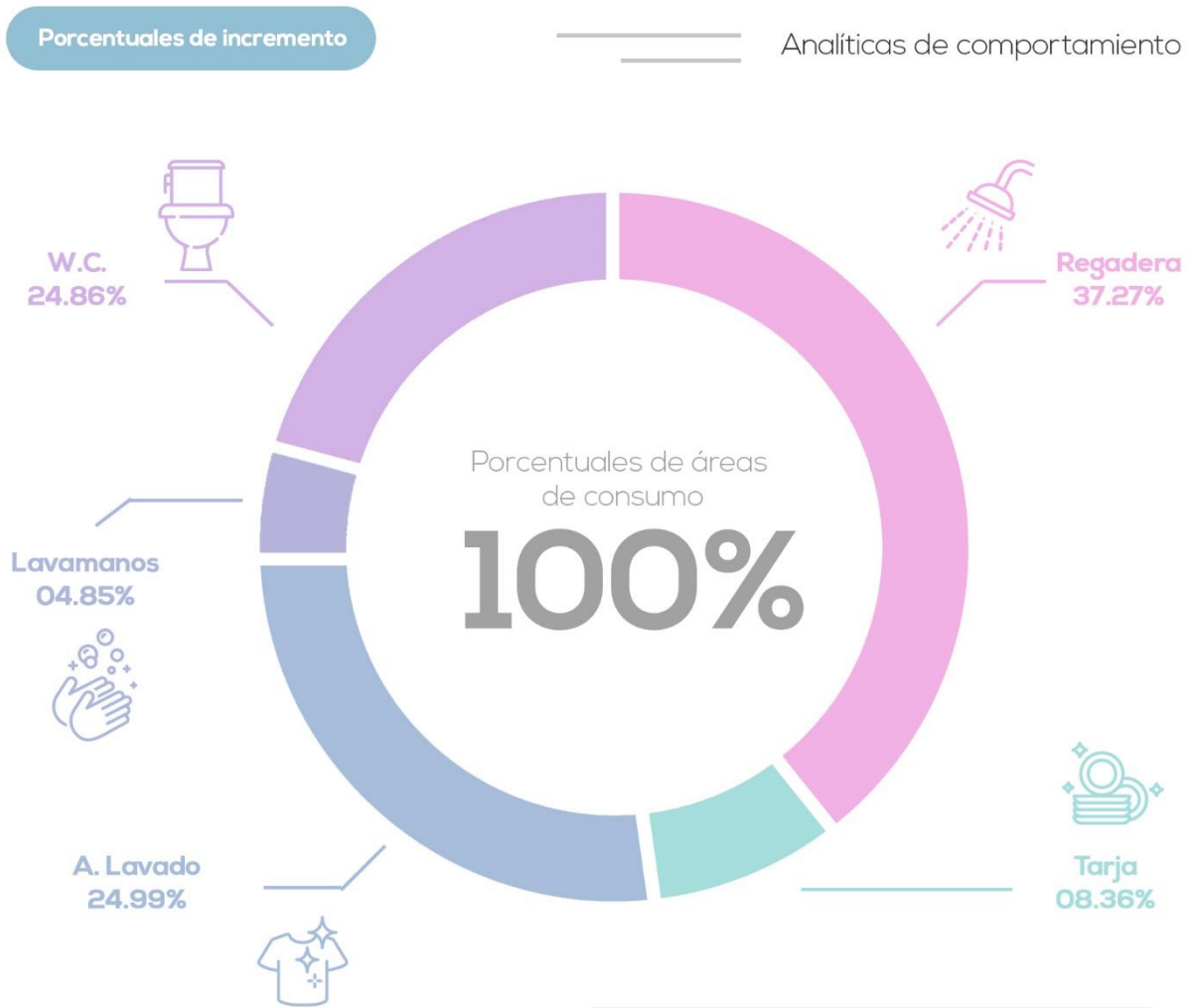




Figura 5.8 Porcentuales de consumo de agua en las áreas de la vivienda



01 - 10 Caso de estudio ▼

Nota: Figura de elaboración propia

Por último, lo anteriormente mencionado se condensa en **una tabla con todos los indicadores** mencionados y clasificados por cada caso de estudio con la finalidad de tener un **registro global** de los resultados generales obtenidos como resultado del monitoreo continuo y el cruce de datos con los hábitos de consumo reportados por los usuarios. Cabe destacar que en este apartado se dejó de lado las **peculiaridades específicas de cada de estudio** con la finalidad de obtener **valores absolutos de referencia** para implementar en **cálculos de gastos hídricos promedio** dentro de la vivienda, para conocer más detalles de manera puntual de cada zona de la vivienda se dedicó un apartado con los detalles específicos de cada área analizada.



**Tabla 5.1** Condensado de resultados globales por área casos por monitoreo

<u>Caso de estudio</u>	<u>01</u>	<u>02</u>	<u>03</u>	<u>04</u>	<u>05</u>
<b>Máximo (Lt)</b>	388.60	465.40	525.20	382.50	690.80
<b>Mínimo (Lt)</b>	37.90	173.10	40.70	185.40	72.70
<b>Promedio (Vivienda)</b>	227.50	336.05	234.50	239.68	243.40
<b>Promedio (Usuario)</b>	113.75	168.03	117.25	119.84	121.70
<b>% Regadera</b>	26.64%	37.25%	44.22%	53.58%	17.70%
<b>% W.C.</b>	24.55%	25.63%	25.25%	22.60%	22.83%
<b>% A. Lavado</b>	32.74%	24.96%	18.29%	10.98%	43.19%
<b>% Tarja</b>	9.79%	6.71%	7.51%	8.62%	11.50%
<b>% Lavamanos</b>	6.28%	5.45%	4.73%	4.22%	4.78%
<b>Total</b>	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Nota: Figura de elaboración propia

**Tabla 5.2** Continuación

<u>Caso de estudio</u>	<u>06</u>	<u>07</u>	<u>08</u>	<u>09</u>	<u>10</u>
<b>Máximo (Lt)</b>	504.20	587.00	472.90	<b>782.20</b>	637.50
<b>Mínimo (Lt)</b>	38.90	113.70	79.80	<b>228.42</b>	174.90
<b>Promedio (Vivienda)</b>	215.91	269.74	365.25	<b>445.76</b>	415.98
<b>Promedio (Usuario)</b>	107.96	134.87	182.63	<b>222.88</b>	207.99
<b>% Regadera</b>	42.04%	22.87%	31.80%	45.82%	37.41%
<b>% W.C.</b>	29.65%	25.65%	26.35%	10.40%	8.69%
<b>% A. Lavado</b>	18.77%	28.70%	21.47%	26.71%	42.85%
<b>% Tarja</b>	5.92%	7.87%	6.98%	7.62%	5.22%
<b>% Lavamanos</b>	3.62%	14.91%	13.40%	9.45%	5.83%
<b>Total</b>	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Nota: Figura de elaboración propia





## 5.2 Identificación de zonas de alto consumo de agua potable en la vivienda

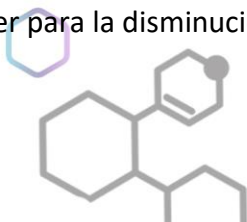
El presente bloque de este capítulo está centrado en profundizar y reportar los hallazgos más puntuales encontrados en relación con todas y cada una de las zonas húmedas monitoreadas y analizadas dentro de la vivienda, esto con la finalidad de poder interpretar los resultados globales reportados en el inciso anterior los cuales en resumen fueron los siguientes (resultados por monitoreo):

Figura 5.5 Resumen de resultados globales obtenidos por monitoreo



Nota: Figura de elaboración propia

Partiendo de lo anterior y manejando la misma dinámica que en los resultados globales se procedió a la identificación de **consumos promedios propios de cada área**, los picos de **consumo máximo** registrados en los 15 días de monitoreo continuo, así como una estimación por usuario de la cantidad de agua de primer uso que se emplea **por usuario y por sesión** de dicha actividad. Así mismo se incluyó otro indicador de gran relevancia para el análisis de la información obtenida y este fue el factor **“Tiempo”**, en el cual su valor estadístico radica en poder analizar los **ciclos** que cada uno de los usuarios destina en la realización de alguna actividad que involucre el consumo de agua potable, lo cual estará directamente ligado con los hábitos de consumo **propios de cada usuario**, incidiendo directamente tanto en el consumo general de cada área así como de los **incrementos porcentuales** de dicha área y la identificación de los **detonantes** de dicho incremento con la finalidad de la realización **del cálculo correcto** del sistema de tratamiento que se pretenda proponer para la disminución de los volúmenes de agua de primer uso en la vivienda.





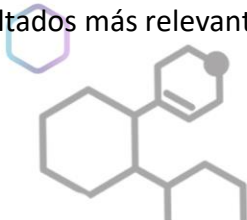
### 5.2.1 Zona de análisis: Baño. Actividad: Ducha en regadera

Figura 5.9 Imagen de referencia a la actividad de ducha en regadera



Nota: Figura obtenida de freepik.com bajo licencia de retribución

El agua utilizada para el baño es un recurso vital que ha sido fundamental en la historia de la humanidad, no solo por sus propiedades **higiénicas**, sino también por su significado cultural y social. Desde los tiempos antiguos, el acto de bañarse ha sido considerado una práctica importante para la limpieza del cuerpo y el **mantenimiento de la salud**. Sin embargo, el uso del agua para el baño no se limita únicamente a aspectos funcionales; también tiene un profundo impacto en el **bienestar emocional y mental** de las personas. Así mismo al ser una práctica **relajante** e incluso un área de **convivencia e intimidad** con la pareja puede llegar a representar **altos consumos de agua** derivado de la pérdida de la noción del tiempo por los estados de paz y tranquilidad que se pueden llegar a alcanzar al realizar esta actividad. De igual manera también cabe destacar que la estadía en esta área dependerá del **confort** que el propio lugar a base de sus **instalaciones y aditamentos** les brinde a los usuarios al momento de realizar dicha actividad. Por lo tanto, el tener noción de cuánta agua se gasta en esta área fue de gran interés para el presente trabajo, en donde los resultados más relevantes obtenidos de su monitoreo fueron los siguientes:





Como resultado de los 15 días de monitoreo continuo en cada uno de los casos de estudio se obtuvo que el consumo ***promedio por vivienda*** para las actividades de aseo en la regadera es de ***166.35 litros de agua por día***. Por otro lado, los resultados obtenidos arrojaron que el consumo ***promedio por usuario*** para las actividades de aseo en la regadera es de ***83.17 litros de agua por día***. El promedio por vivienda y por usuario ***más alto*** registrado corresponde al ***caso de estudio 09***, el cual obtuvo un promedio por vivienda de ***205.75 litros de agua por día*** y un promedio por usuario de ***102.88 litros de agua por día***. En su contraparte el caso de estudio que registro el promedio por vivienda y por usuario ***más bajo*** registrado corresponde al ***caso de estudio 01***, el cual obtuvo un promedio por vivienda de ***137.82 litros de agua por día*** y un promedio por usuario de ***68.91 litros de agua por día***. Es importante indicar que la raíz de dichas variaciones entre casos de estudio está directamente ligada al número de integrantes y hábitos de consumo específicos de cada habitante.

Cabe señalar que los valores fueron calculados de la siguiente manera: Se llevo a cabo un registro de consumo diario durante los 15 días establecidos, una vez obtenidas dichas mediciones se sacó el ***promedio de consumo por vivienda***, es decir la cantidad de litros que se consumieron en su totalidad dividido entre el número de días monitoreados. Seguido de esto se sumaron los promedios de todos los casos de estudio analizados y se dividió entre los 10 casos de estudio analizados obteniendo un ***“Promedio representativo”***; en el caso puntual del promedio por usuario se realizó una operación similar donde se tomaron cada uno de los promedios por vivienda y se dividieron entre el número de habitante. Seguido de esto se sumaron los promedios por usuario de todos los casos de estudio analizados y se dividió entre los 10 casos de estudio analizados obteniendo un ***“Promedio por usuario representativo “más no absoluto”*** tomado en cuenta que este valor no considera eventualidades externas y hábitos de consumo particulares y propios de cada caso de estudio, los cuales se explicaran de manera más amplia en el apartado “Hábitos de consumo de agua potable en caso de estudio” Por lo tanto se podría concluir que dicha cifra tiene su valor utilitario como un valor para uso ***“estándar”*** de las actividades cotidianas regulares.





Figura 5.10 Promedios de consumo de agua potable en la regadera vivienda/usuario



Nota: Figura de elaboración propia

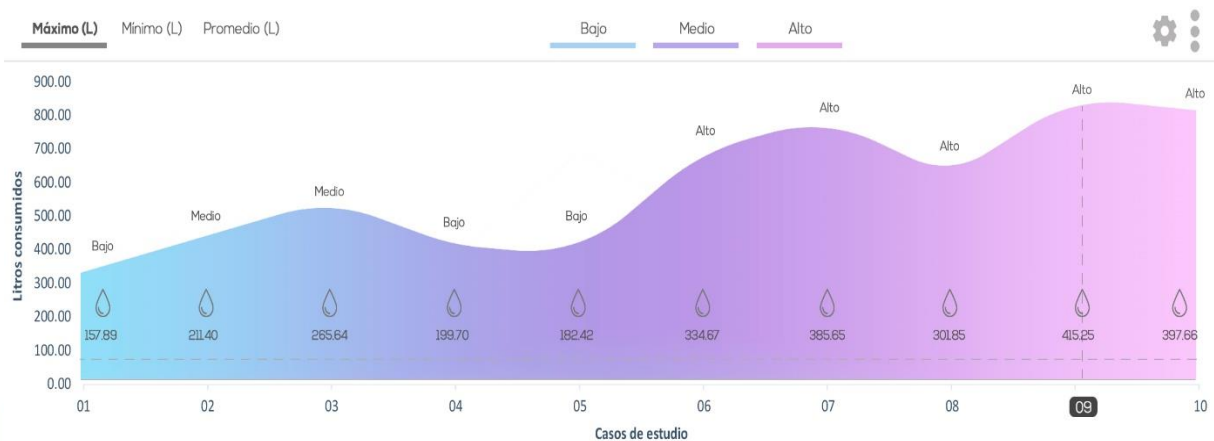
Dentro de estos valores se encuentra englobado un factor muy importante a considerar que son los **picos máximos y mínimos de consumo** que se registraron durante los 15 días de monitoreo en cada uno de los casos de estudio, ya que estos representan los **gastos** que una vivienda puede llegar a experimentar al momento de llevar a cabo las actividades de higiene dentro del área de la regadera, en donde los hábitos de consumo de cada uno de los integrantes de la vivienda se ve reflejado en la cantidad de litros de agua de primer uso requeridos para llevar a cabo sus actividades. La importancia de este indicador radica en que el **cálculo del sistema** de tratamiento seleccionado tiene que contemplar y estar preparado para poder atender las demandas de los gastos máximos registrados, esto con la finalidad de garantizar el suministro del agua para la realización de sus actividades. Según los registros obtenidos el caso de estudio que presentó los mayores picos máximos de consumo corresponde al **caso de estudio 09**, el cual en el registro de consumos por monitoreo el medidor de caudal registro un **pico máximo** de consumo de agua potable de **415.25 Lt. en un solo día**, en contraparte el pico mínimo que el monitoreo continuo a través del medidor de caudal llegó a registrar fue un consumo de agua potable de **11.15 Lt. en un solo día**. Este incremento en los picos máximos de consumo en contraste con el promedio registro representa un **incremento de un 250%**, valor a considerar al momento del cálculo.





Para poder comprender el porqué del pico máximo registrado (caso de estudio 09) fue necesario cruzar la información obtenida por monitoreo con la información de los hábitos de consumo en el cual se indicó que **una vez a la semana** dos de los integrantes de la vivienda (pareja sentimental) tienden a llevar a cabo **actividades de pareja** las cuales incluyen la colocación de productos de aromaterapia, masajes relajantes entre sí, relaciones sexuales (como fue el caso específico de ese día de monitoreo) para culminar con actividades de higiene y aseo corporal. Cabe señalar que según su perspectiva del tiempo ese día dedicaron un aproximado de entre **40 y 45 minutos** a dichas actividades en la regadera, señalaron que no todo el tiempo estuvo la regadera con la llave abierta pero que si fue mucho más prolongado el consumo de agua de primer uso en comparación a un día “estándar” de uso de la regadera. Lo anterior se vio reflejado en un **incremento de hasta 65%** en comparación con las otras viviendas monitoreadas. Lo anterior mencionado no quiere decir que los demás casos no presentaron alguna peculiaridad en alguno de sus integrantes ya que por ejemplo en el **caso de estudio 07** uno de los integrantes registro que le gustaba “meditar” de **05 a 10 minutos** con agua caliente corriendo por su cuerpo como “**actividad de relajación**” lo cual elevaba de manera significativa los consumos de agua en el área de la regadera. Los picos máximos de los casos de estudio son muy contrastados entre sí y están directamente ligados a los **hábitos de consumo particulares** de cada usuario como se pueden apreciar en la siguiente figura:

**Figura 5.11** Comparativa de picos máximos registrados mediante monitoreo continuo en el área de la regadera



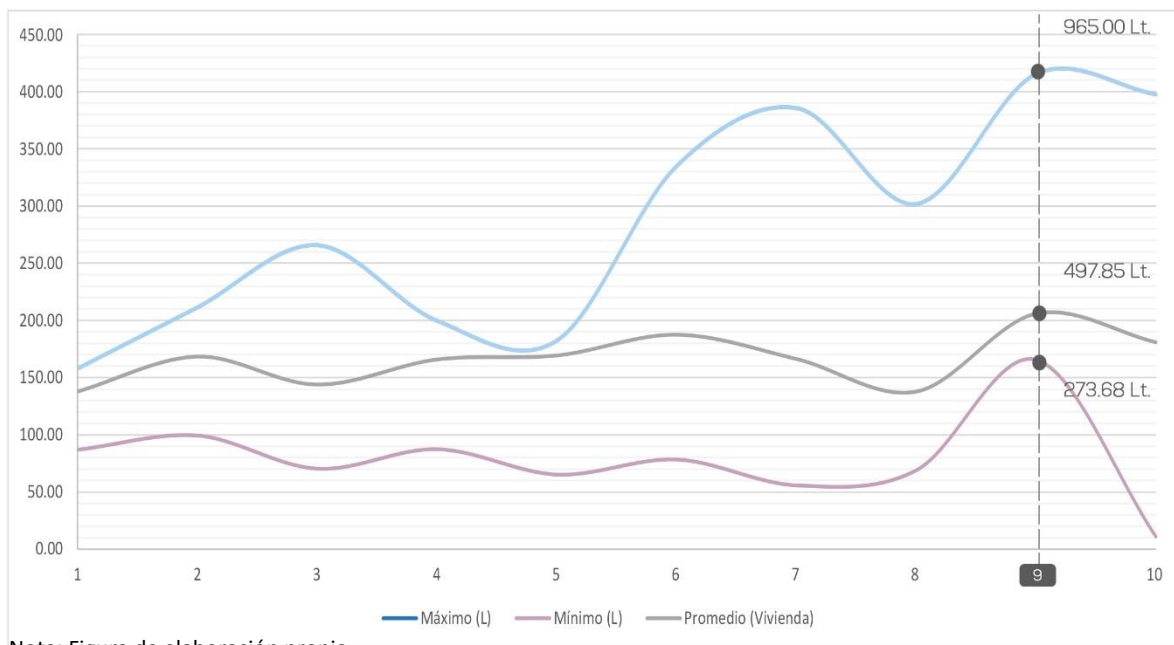
Nota: Figura de elaboración propia





A manera de contraste estadístico se realizó una **gráfica comparativa** de los resultados obtenidos y condensados de los 10 casos de estudio con respecto a los indicadores de Máximos, Mínimos y Promedio por vivienda, en la cual se puede observar que, a pesar de presentarse diferencias sustanciales entre indicadores, hubo casos en la que dos de estos valores estuvieron a punto de **coincidir**. Por ejemplo, el **caso de estudio 05** el valor del **pico Máximo (182.42 Lt.)** estuvo muy cerca de coincidir con el valor de **consumo promedio por vivienda (169.38 Lt.)**, lo cual se justifica a que los consumos regulares registrados durante los 15 días de monitoreo fueron **constantes** y su variación no fue significativa en comparación con el pico máximo alcanzado. Esto se debe a que la información proporcionada en los hábitos de consumo arroja que sus actividades que involucran consumo de agua dentro de la vivienda son muy **rutinarias y de cortos periodos**. Por otro lado, el **caso de estudio 09** presento el acercamiento de valores entre el su **promedio por vivienda (205.75 Lt.)** así con el **mínimo registrado (165.50 Lt.)**, lo cual se justifica a que de manera general los consumos de este caso de estudio fueron **regularmente altos** y constantes por lo tanto su mínimo registrado presenta un valor cercano al promedio general por vivienda.

**Figura 5.12** Comparativa de máximos, mínimos y promedios obtenidos mediante monitoreo en el área de la regadera



Nota: Figura de elaboración propia





Por último, lo anteriormente mencionado se condensó en **una tabla con todos los indicadores** mencionados y clasificados por cada caso de estudio con la finalidad de tener un **registro global** de los resultados obtenidos como resultado del monitoreo continuo. Cabe destacar que en este apartado se dejó de lado las peculiaridades específicas de cada de estudio con la finalidad de obtener **valores absolutos de referencia** para implementar en **cálculos de gastos hídricos promedio** dentro de la vivienda. El único valor perteneciente al apartado de hábitos de consumo que se consideró prudente conservar en el condensado de información fue el indicador del **“Tiempo”**, es decir la cantidad de minutos invertidos por los usuarios en sus actividades dentro de la regadera, esto con la finalidad de poder ligar de manera directa la relación que hay entre los consumos de agua potable más altos registrados con las sesiones de baño más prolongadas que se llegaron a registrar. Cabe destacar que como se mencionó los hábitos de consumo no se están especificando en cada caso particular de usuario por lo tanto el indicador de **“Tiempo”** se vuelve **relativo** debido a que este está condicionado a otros factores como por ejemplo si se alterna entre cerrar y abrir la llave al momento de realizar una actividad secundaria como lo es enjabonarse, es decir que para saber el **tiempo efectivo** dentro de la regadera se deberá cruzar este condensado con la información de hábitos de consumo.

**Tabla 5.3** Condensado de resultados globales en área de regadera de los 10 casos de estudio

Caso de estudio	Máximo (L)	Mínimo (L)	Promedio (Vivienda)	Promedio (Usuario)	Duración (Mints)
1	157.89	86.80	137.82	68.91	10
2	211.40	99.30	168.31	84.16	15
3	265.64	70.30	143.81	71.91	15
4	199.70	87.45	165.91	82.96	10
5	182.42	65.27	169.38	84.69	12
6	334.67	78.33	187.42	93.71	16
7	385.65	55.85	166.35	83.18	10
8	301.85	68.97	137.85	68.93	12
9	<b>415.25</b>	165.50	<b>205.75</b>	<b>102.88</b>	<b>30</b>
10	397.66	<b>11.15</b>	180.87	90.44	20
<b>Promedio</b>	<b>285.21</b>	<b>78.89</b>	<b>166.35</b>	<b>83.17</b>	<b>15.00</b>

Nota: Figura de elaboración propia





## 5.2.2 Zona de análisis: Cuarto de lavado. Actividad: Lavandería

Figura 5.13 Imagen de referencia a la actividad de lavandería



Nota: Figura obtenida de freepik.com bajo licencia de retribución

El lavado de ropa es una actividad cotidiana que puede parecer trivial, pero en realidad tiene una gran importancia en términos de **higiene, salud y comodidad**, es fundamental para mantener la higiene personal, prevenir enfermedades, prolongar la vida útil de las prendas y contribuir a una apariencia y sensación de bienestar general. Es una actividad cotidiana que, aunque a menudo pasada por alto, tiene un **impacto significativo** en nuestra **salud y calidad de vida**. Cabe resaltar que esta es una actividad dinámica e irregular ya que los volúmenes de prendas (y de agua) utilizados para llevar a cabo esta actividad estarán directamente ligada a los hábitos de consumo e higiene que cada hogar pueda llegar a presentar, de igual manera tiene una estrecha relación con el **tipo de línea blanca** que se esté utilizando, es decir el modelo, marca y capacidad de carga de la lavadora (en caso de contar con ella) o el tipo y capacidad de lavadero en caso de realizar las actividades de lavandería a mano. Los resultados más relevantes obtenidos fueron los siguientes:



Como resultado de los 15 días de monitoreo continuo en cada uno de los casos de estudio se obtuvo que el consumo **promedio por vivienda** para las actividades de lavandería en la cuarto de lavado es de **124.58 litros de agua por día**. Por otro lado, los resultados obtenidos arrojaron que el consumo **promedio ciclo de lavado** para las actividades de lavandería en esta área es de **215.00 litros de agua por ciclo de lavado**. El promedio por vivienda y por sesión completa **más alto** registrado corresponde al **caso de estudio 05**, el cual obtuvo un promedio por vivienda de **287.34 litros de agua por día** y un promedio por sesión de **575.34 litros de agua por día**. En su contraparte el caso de estudio que registro el promedio por vivienda y por sesión completa **más bajo** registrado corresponde al **caso de estudio 07**, el cual obtuvo un promedio por vivienda de **95.30 litros de agua por día** y un promedio por sesión de **0.00 litros de agua por día** (NO realizan actividades de lavandería dentro de la vivienda). Es importante indicar que la raíz de dichas variaciones entre casos de estudio está directamente ligada al número de integrantes, mobiliario de lavandería y hábitos de consumo específicos de cada habitante.

Cabe señalar que los valores fueron calculados de la siguiente manera: Se llevo a cabo un registro de consumo diario durante los 15 días establecidos, una vez obtenidas dichas mediciones se sacó el **promedio de consumo por vivienda**, es decir la cantidad de litros que se consumieron en su totalidad dividido entre el número de días monitoreados. Seguido de esto se sumaron los promedios de todos los casos de estudio analizados y se dividió entre los 10 casos de estudio analizados obteniendo un **"Promedio representativo"**; en el caso puntual del promedio por ciclo de lavado se obtuvo al identificar la capacidad en litros de la lavadora y multiplicarlo por los ciclos de lavado "estándar" que se llevaban a cabo. Seguido de esto se sumaron los promedios por ciclo de lavado de todos los casos de estudio analizados y se dividió entre los 10 casos de estudio analizados obteniendo un **"Promedio por sesión representativo "más no absoluto** tomado en cuenta que este valor no considera eventualidades externas y hábitos de consumo particulares y propios de cada caso de estudio, los cuales se explicaran de manera más amplia en el apartado "Hábitos de consumo de agua potable en caso de estudio" Por lo tanto se podría concluir que dicha cifra tiene su valor utilitario como un valor para uso **"estándar"** de las actividades cotidianas regulares.

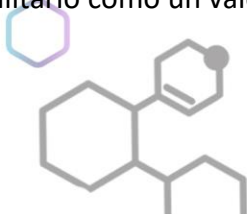




Figura 5.14 Promedios de consumo de agua potable en el área de lavado vivienda/sesión



Nota: Figura de elaboración propia

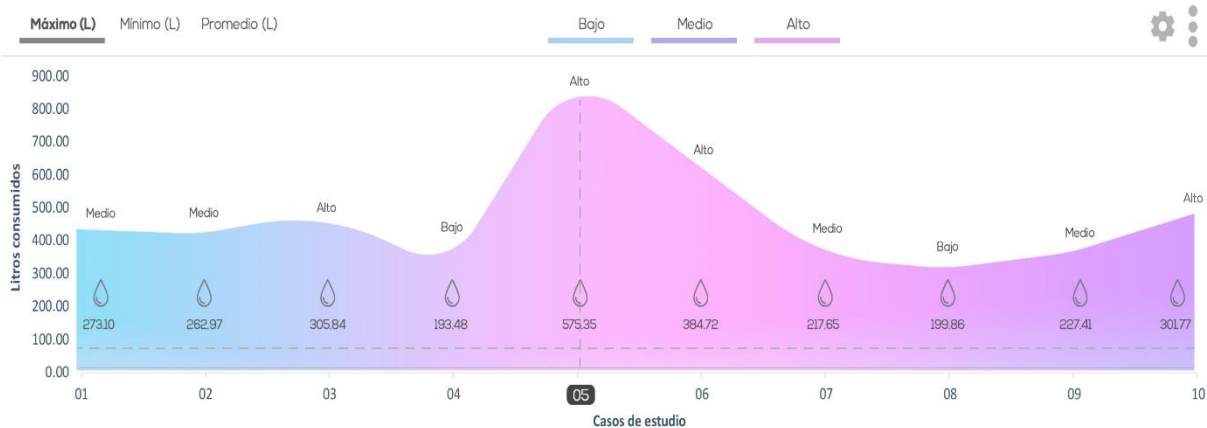
Dentro de estos valores se encuentra englobado un factor muy importante a considerar que son los **picos máximos y mínimos de consumo** que se registraron durante los 15 días de monitoreo en cada uno de los casos de estudio, ya que estos representan los **gastos** que una vivienda puede llegar a experimentar al momento de llevar a cabo las actividades de lavandería dentro del área de lavado, en donde los hábitos de consumo de cada uno de los integrantes de la vivienda se ve reflejado en la cantidad de litros de agua de primer uso requeridos para llevar a cabo sus actividades. La importancia de este indicador radica en que el **cálculo del sistema** de tratamiento seleccionado tiene que contemplar y estar preparado para poder atender las demandas de los gastos máximos registrados, esto con la finalidad de garantizar el suministro del agua para la realización de sus actividades. Según los registros obtenidos el caso de estudio que presentó los mayores picos máximos de consumo corresponde al **caso de estudio 05**, el cual en el registro de consumos por monitoreo el medidor de caudal registró un **pico máximo** de consumo de agua potable de **575.35 Lt. en un solo día**, en contraparte el pico mínimo que el monitoreo continuo a través del medidor de caudal llegó a registrar fue un consumo de agua potable de **199.86 Lt. en un solo día**. Este incremento en los picos máximos de consumo en contraste con el promedio registro representa un **incremento de un 460%**, valor a considerar al momento del cálculo.





Para poder comprender el porqué del pico máximo registrado (caso de estudio 05) fue necesario **cruzar** la información obtenida por monitoreo con la información de los hábitos de consumo y la radiografía espacial de la vivienda, en el cual se presentó una condición muy particular y propia del caso de estudio analizado, debido a que la jefa de familia indicó que realiza sus actividades de limpieza y lavandería los fines de semana (días que descansa de sus actividades laborales) en la que son necesarias **2 sesiones de lavado** para poder dejar limpias sus cargas de ropa sucia, sin embargo actualmente su área de lavado se encuentra **compartida** con su hija, debido a que esta no cuenta con lavadora ni los medios para poder acceder a una. El núcleo familiar de la hija se compone de 4 integrantes de familia (ambos padres y 2 hijos) por lo tanto menciona que son necesario en promedio **3 sesiones de lavado** para poder dejar limpias sus cargas de ropa sucia. Por lo tanto, en esta vivienda analizada se llegaron a registrar **05 sesiones de lavado en un solo día**, lo cual representa un gasto bruto de agua de primer uso de **575.35 Lt.** Lo anterior se vio reflejado en un **incremento de hasta 250%** en comparación con las otras viviendas monitoreadas. Lo anterior mencionado no quiere decir que los demás casos no presentaron alguna peculiaridad en alguno de sus integrantes. Los picos máximos de los casos de estudio son muy contrastados entre sí y están directamente ligados a los **hábitos de consumo particulares** de cada usuario como se pueden apreciar en la siguiente figura:

**Figura 5.15** Comparativa de picos máximos registrados mediante monitoreo continuo en el área de lavado



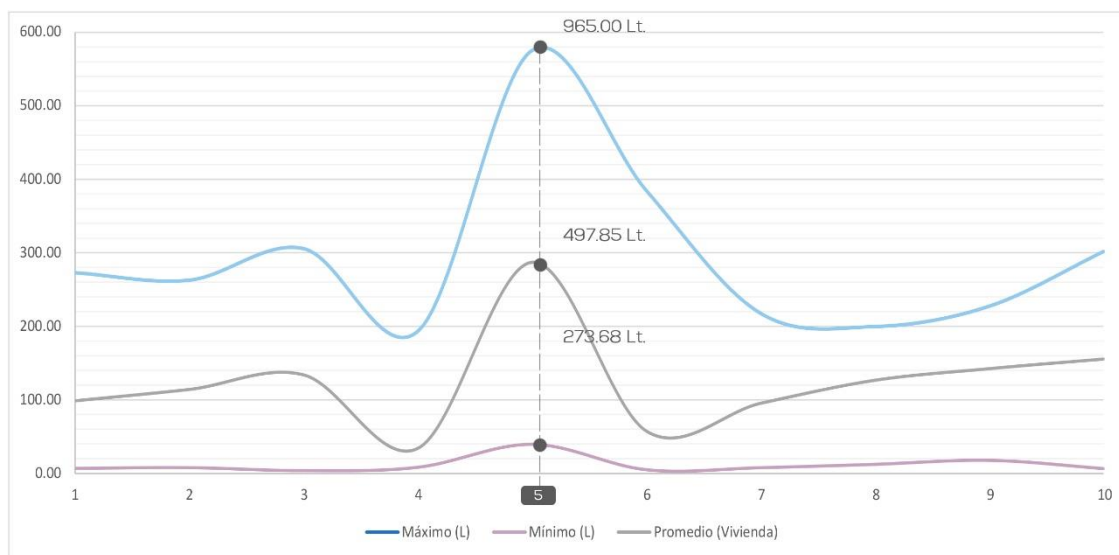
Nota: Figura de elaboración propia



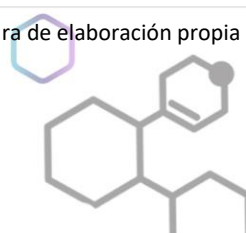


A manera de contraste estadístico se realizó una **gráfica comparativa** de los resultados obtenidos y condensados de los 10 casos de estudio con respecto a los indicadores de Máximos, Mínimos y Promedio por vivienda, en la cual se puede observar que se presentan diferencias sustanciales entre indicadores, los picos máximo registrados corresponden a los fines de semana que son los días de **actividad de aseo intensa** en comparación a los días entre semana. Los resultados mínimos registrados corresponden a los días entre semana en donde la **actividad de aseo es de mínima a nula**, lo cual se justifica a que los consumos regulares registrados durante los 15 días de monitoreo fueron **constantes** (baja/nula) entre semana y su variación con los fines de semana fue **exagerada** en comparación con el pico máximo alcanzado. Esto se debe a que la información proporcionada en los hábitos de consumo y la radiografía espacial de la vivienda arrojó que sus actividades que involucran consumo de agua en el área de lavado estarán directamente ligadas con la actividad que se pretenda realizar ya que las salidas de agua instaladas de esta zona son implementadas en distintas actividades como de lavandería, limpieza de utensilios de aseo como trapos/franelas, trapeadores, cepillos, entre otros, aseo de mascotas, etc. Estas a su vez estarán ligadas al **tiempo** dedicado para llevar a cabo cada sesión/rutina, lo cual dependerá de los **hábitos** de cada usuario. Por lo tanto, la medición de esta área es considerada de las más **volátiles y cambiantes** de todas las áreas de estudio.

Figura 5.16 Comparativa de máximos, mínimos y promedios obtenidos mediante monitoreo en el área de lavandería



Nota: Figura de elaboración propia





Por último, lo anteriormente mencionado se condensa en **una tabla con todos los indicadores** mencionados y clasificados por cada caso de estudio con la finalidad de tener un **registro global** de los resultados obtenidos como resultado del monitoreo continuo. Cabe destacar que en este apartado se dejó de lado las peculiaridades específicas de cada de estudio con la finalidad de obtener **valores absolutos de referencia** para implementar en **cálculos de gastas hídricos promedio** dentro de la vivienda.

**Tabla 5.4** Condensado de resultados globales en área lavado de los casos de estudio

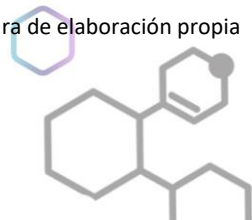
<b>Caso de estudio</b>	<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>05</b>
<b>Máximo (L)</b>	273.10	262.97	305.84	193.48	<b>575.35</b>
<b>Mínimo (L)</b>	6.98	7.85	3.67	8.29	<b>39.47</b>
<b>Promedio (Vivienda)</b>	98.73	114.25	133.85	34.01	<b>287.34</b>
<b>Tipo de mobiliario</b>	Lavadora	Lavadora	Lavadora	Lavadora	Lavadora
<b>Capacidad por ciclo</b>	115	115	115	75	115
<b>Cargas por sesión</b>	2.00	2.00	2.00	3.00	<b>5.00</b>
<b>N° Salidas de agua en área</b>	2.00	2.00	2.00	<b>4.00</b>	3.00

Nota: Figura de elaboración propia

**Tabla 5.5** Continuación

<b>Caso de estudio</b>	<b>06</b>	<b>07</b>	<b>08</b>	<b>09</b>	<b>10</b>
<b>Máximo (L)</b>	384.72	217.65	199.86	227.41	301.77
<b>Mínimo (L)</b>	4.90	7.85	12.40	17.85	6.63
<b>Promedio (Vivienda)</b>	57.60	95.30	126.65	142.55	155.55
<b>Tipo de mobiliario</b>	Lavadora	Ninguno	Lavadora	Lavadora	A mano
<b>Capacidad por ciclo</b>	120	N/A	85	105	14
<b>Cargas por sesión</b>	3.00	N/A	1.00	2.00	N/A
<b>N° Salidas de agua en área</b>	2.00	N/A	1.00	3.00	2.00

Nota: Figura de elaboración propia





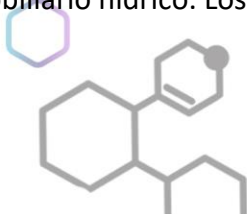
### 5.2.3 Zona de análisis: Baño. Actividad: Uso del WC

Figura 5.17 Imagen de referencia a la actividad en el WC



Nota: Figura obtenida de freepik.com bajo licencia de retribución

El uso del WC (Water Close por sus siglas en inglés) también conocido como WC o retrete, es un elemento indispensable en cualquier vivienda moderna, desempeña un papel fundamental en la vida cotidiana al proporcionar **higiene personal y salud pública** al servir de medio para la eliminación de desechos corporales, previniendo así la propagación de enfermedades infecciosas. Se considera un lugar cómodo, privado y psicológicamente como íntimo y seguro. Es importante señalar que la presencia de un inodoro en una vivienda es un requisito básico para cumplir con las **normas y regulaciones sanitarias** establecidas por las autoridades locales y los organismos de salud pública. Cabe resaltar que esta es una actividad relativamente regular y rutinaria y que se encuentra directamente ligada a los hábitos de higiene de cada uno de los usuarios, de igual manera esta zona es muy vulnerable a los malos hábitos de consumo de agua potable al no tener una cultura del uso correcto de este mobiliario hídrico. Los resultados más relevantes obtenidos fueron los siguientes:





Como resultado de los 15 días de monitoreo continuo en cada uno de los casos de estudio se obtuvo que el consumo ***promedio por vivienda*** para las actividades del WC en el baño es de ***86.92 litros de agua por día***. Por otro lado, los resultados obtenidos arrojaron que el número de usos ***promedio por usuario*** para las actividades del WC en esta área es de ***12 veces al día***. El promedio por vivienda y número de usos ***más altos*** registrado corresponde al ***caso de estudio 08***, el cual obtuvo un promedio por vivienda de ***152.10 litros de agua por día*** y un promedio de usos de ***39 usos por día***. En su contraparte el caso de estudio que registro el promedio por vivienda y número de usos ***más bajo*** registrado corresponde al ***caso de estudio 04***, el cual obtuvo un promedio por vivienda de ***72.00 litros de agua por día*** y un promedio de usos de ***15 usos por día***. Es importante indicar que la raíz de dichas variaciones entre casos de estudio está directamente ligada al número de integrantes, mobiliario hídrico, hábitos de consumo específicos de cada habitante y a la cantidad de horas de estadía en la vivienda.

Cabe señalar que los valores fueron calculados de la siguiente manera: Se llevo a cabo un registro de consumo diario durante los 15 días establecidos, una vez obtenidas dichas mediciones se sacó el ***promedio de consumo por vivienda***, es decir la cantidad de litros que se consumieron en su totalidad dividido entre el número de días monitoreados. Seguido de esto se sumaron los promedios de todos los casos de estudio analizados y se dividió entre los 10 casos de estudio analizados obteniendo un ***"Promedio representativo"***; en el caso puntual del promedio de número de usos del WC se obtuvo al pedirle a los usuarios que llevaran un registro con el número de veces que utilizaban el WC al día. Seguido de esto se promediaron el número de usos de todos los integrantes de la familia y se dividió entre el mismo número de integrantes. Por último, se sumaron los promedios del número de usos de todos los casos de estudio analizados y se dividió entre los 10 casos de estudio analizados obteniendo un ***"Promedio de uso representativo "más no absoluto"*** tomado en cuenta que este valor no considera eventualidades externas y hábitos de consumo particulares y propios de cada caso de estudio. Por lo tanto, se podría concluir que dicha cifra tiene su valor utilitario como un valor para uso ***"estándar"*** de las actividades cotidianas regulares.





Figura 5.18 Promedios de consumo de agua potable en el área de lavado vivienda/usuario



Nota: Figura de elaboración propia

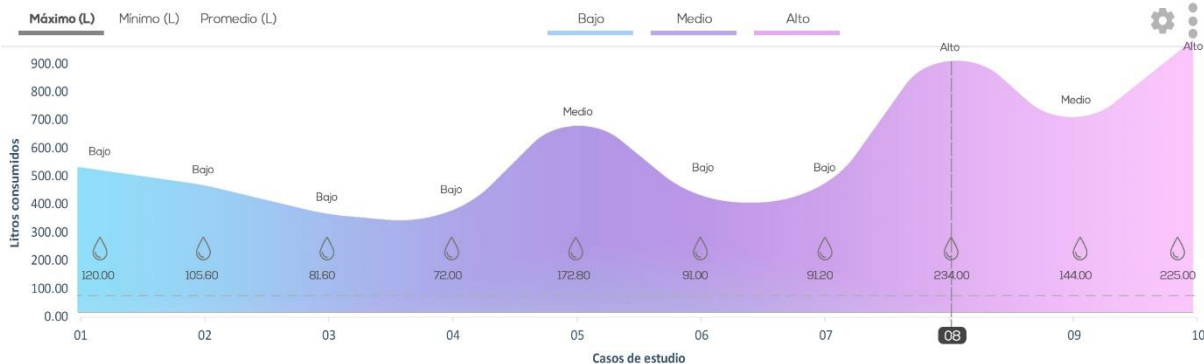
Dentro de estos valores se encuentra englobado un factor muy importante a considerar que son los **picos máximos y mínimos de consumo** que se registraron durante los 15 días de monitoreo en cada uno de los casos de estudio, ya que estos representan los **gastos** que una vivienda puede llegar a experimentar al momento de llevar a cabo las actividades en el sanitario dentro del área del baño, en donde los hábitos de consumo de cada uno de los integrantes de la vivienda se ve reflejado en la cantidad de litros de agua de primer uso requeridos para llevar a cabo sus actividades. La importancia de este indicador radica en que el **cálculo del sistema** de tratamiento seleccionado tiene que contemplar y estar preparado para poder atender las demandas de los gastos máximos registrados, esto con la finalidad de garantizar el suministro del agua para la realización de sus actividades. Según los registros obtenidos el caso de estudio que presentó los mayores picos máximos de consumo corresponde al **caso de estudio 08**, el cual en el registro de consumos por monitoreo el medidor de caudal registro un **pico máximo** de consumo de agua potable de **234.00 Lt. en un solo día**, en contraparte el pico mínimo que el monitoreo continuo a través del medidor de caudal llego a registrar fue un consumo de agua potable de **28.80 Lt. en un solo día**. Este incremento en los picos máximos de consumo en contraste con el promedio registro representa un **incremento de un 150%**, valor a considerar al momento del cálculo.





Para poder comprender el porqué del pico máximo registrado (caso de estudio 08) fue necesario **cruzar** la información obtenida por monitoreo con la información de los hábitos de consumo y la radiografía espacial de la vivienda, en el cual se presentó una condición muy particular y propia del caso de estudio analizado, ambos integrantes de la vivienda se dedican a realizar sus actividades productivas de manera **remota (Home Office)** por lo tanto su estadía dentro de la vivienda suele ser **prolongada** por lo menos 6 días a la semana (tratan de dedicar un día a la semana para realizar actividades fuera de casa) por lo tanto sus actividades que involucran al WC están **concentradas** en su mayoría dentro de su vivienda. Así mismo uno de los integrantes (sexo femenino) declaró en la entrevista tener **pésimos hábitos** de uso del WC, señalando que llega a hacer uso de este mobiliario 15 veces o más al día ya que suele tirar por la ducteria papeles de baño con variedad de residuos tanto corporales (excremento, orina, mucosidad, sexuales) así como químicos (cosméticos, detergentes, suciedad). Por último, el segundo integrante (sexo masculino) indico la realización de **actividades deportivas** acompañadas de hidratación continua, con lo cual las paradas en el WC son constantes. Lo anterior se vio reflejado en un **incremento de hasta 175%** en comparación con las otras viviendas monitoreadas. Lo anterior mencionado no quiere decir que los demás casos no presentaron alguna peculiaridad en alguno de sus integrantes. Los picos máximos de los casos de estudio son muy contrastados entre sí y están directamente ligados a los **hábitos de consumo particulares** de cada usuario como se pueden apreciar en la siguiente figura:

**Figura 5.19** Comparativa de picos máximos registrados mediante monitoreo continuo en el área de lavado



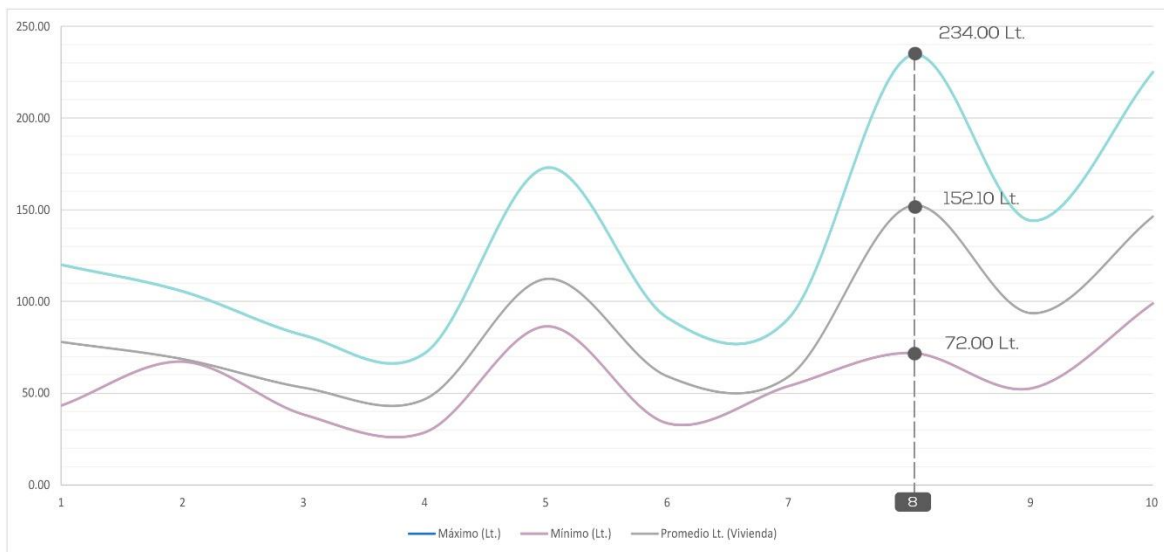
Nota: Figura de elaboración propia



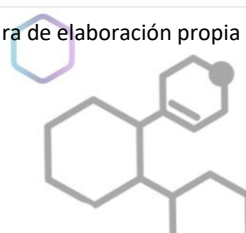


A manera de contraste estadístico se realizó una **gráfica comparativa** de los resultados obtenidos y condensados de los 10 casos de estudio con respecto a los indicadores de Máximos, Mínimos y Promedio por vivienda, en la cual se puede observar que, a pesar de presentarse diferencias sustanciales entre indicadores, hubo casos en la que dos de estos valores estuvieron a punto de **coincidir**. Por ejemplo, el **caso de estudio 02** el valor del **pico Mínimo (68.64 Lt.)** estuvo muy cerca de coincidir con el valor de **consumo promedio por vivienda (67.20 Lt.)**, lo cual se justifica debido a que ambos integrantes de la vivienda realizan sus actividades productivas fuera de la vivienda, por lo tanto sus actividades en el WC se encuentran **repartidas** entre el baño de la vivienda y el baño del trabajo, lo cual si bien no se ve reflejado en los resultados del monitoreo dentro de la vivienda no quiere decir que los consumos en general por parte de estos no sea elevado si se contabilizaran de manera indiscriminada. Por otro lado, el **caso de estudio 07** presento la misma situación, el valor del **pico Mínimo (54.00 Lt.)** estuvo muy cerca de coincidir con el valor de **consumo promedio por vivienda (59.28 Lt.)**, lo cual se justifica debido a que de igual manera que en laso de estudio 02 las actividades del WC se encuentran repartidas entre el baño de la vivienda y el baño del trabajo, aunado a esto ambos integrantes de la vivienda declararon **no tener hábitos** de consumo de líquidos y fibra de manera constante durante el día, con lo cual su actividad para el desecho de residuos corporales es **baja**.

**Figura 5.20** Comparativa de máximos, mínimos y promedios obtenidos mediante monitoreo en el área de lavandería



Nota: Figura de elaboración propia





Por último, lo anteriormente mencionado se condensa en **una tabla con todos los indicadores** mencionados y clasificados por cada caso de estudio con la finalidad de tener un **registro global** de los resultados obtenidos como resultado del monitoreo continuo. Cabe destacar que en este apartado se dejó de lado las peculiaridades específicas de cada de estudio con la finalidad de obtener **valores absolutos de referencia** para implementar en **cálculos de gastas hídricos promedio** dentro de la vivienda.

**Tabla 5.6** Condensado de resultados globales en área de WC de los casos de estudio

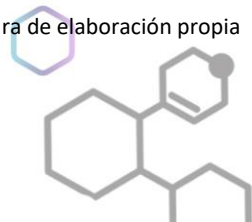
<u>Caso de estudio</u>	<u>01</u>	<u>02</u>	<u>03</u>	<u>04</u>	<u>05</u>
<b>Máximo (L)</b>	120.00	105.60	81.60	72.00	172.80
<b>Mínimo (L)</b>	43.20	67.20	38.40	28.80	86.40
<b>Promedio (Vivienda)</b>	78.00	68.64	53.04	46.80	112.32
<b>N° usos por vivienda</b>	25	22	17	15	36
<b>N° usos por usuario</b>	8	15	10	9	12
<b>Litros por descarga</b>	4.80	3.8/4.8	4.80	4.80	3.8/4.8
<b>Descarga dual/bajo flujo</b>	No	Si	No	No	Si

Nota: Figura de elaboración propia

**Tabla 5.7** Continuación

<u>Caso de estudio</u>	<u>06</u>	<u>07</u>	<u>08</u>	<u>09</u>	<u>10</u>
<b>Máximo (L)</b>	91.00	91.20	<b>234.00</b>	144.00	225.00
<b>Mínimo (L)</b>	33.60	54.00	<b>72.00</b>	52.80	99.00
<b>Promedio (Vivienda)</b>	59.15	59.28	<b>152.10</b>	93.60	146.25
<b>N° usos por vivienda</b>	19	16	<b>39</b>	30	25
<b>N° usos por usuario</b>	10	8	15	15	12
<b>Litros por descarga</b>	3.8/4.8	6.00	6.00	3.8/4.8	9.00
<b>Descarga dual/bajo flujo</b>	Si	No	No	Si	No

Nota: Figura de elaboración propia





#### 5.2.4 Zona de análisis: Baño. Actividad: Lavamanos

Figura 5.21 Imagen de referencia a la actividad en lavamanos



Nota: Figura obtenida de freepik.com bajo licencia de retribución

El lavamanos desempeña un papel crucial en la promoción de la **higiene personal**, la prevención de enfermedades y el **confort en el hogar**. Es un componente esencial que contribuye tanto a la salud como al bienestar general de los residentes de una vivienda. Su importancia se ve reflejada en **actividades higiénicas** como lo es el lavado de manos, facilita **actividades estéticas** como aplicación de productos dermatológicos, rasurado, aplicación/remoción de maquillaje, lavado y cepillado de cabello, lavado de dientes, entre muchas otras más. Un lavamanos bien diseñado y cuidadosamente seleccionado puede mejorar la estética del baño y agregar valor a la propiedad. Cabe resaltar que esta es una actividad relativamente **regular y rutinaria** y que se encuentra directamente ligada a los hábitos de higiene de cada uno de los usuarios, de igual manera esta zona es muy vulnerable a los malos hábitos de consumo de agua potable al no tener una cultura del uso correcto de este mobiliario hídrico. Los resultados más relevantes obtenidos fueron los siguientes:



Como resultado de los 15 días de monitoreo continuo en cada uno de los casos de estudio se obtuvo que el consumo ***promedio por vivienda*** para las actividades del lavamanos en el baño es de ***26.63 litros de agua por día***. Por otro lado, los resultados obtenidos arrojaron que el número de usos ***promedio por usuario*** para las actividades del lavamanos en esta área es de ***10 veces al día***. El promedio por vivienda y número de usos ***más altos*** registrado corresponde al ***caso de estudio 09***, el cual obtuvo un promedio por vivienda de ***83.25 litros de agua por día*** y un promedio de usos de ***45 usos por día***. En su contraparte el caso de estudio que registro el promedio por vivienda y número de usos ***más bajo*** registrado corresponde al ***caso de estudio 10***, el cual obtuvo un promedio por vivienda de ***1.15 litros de agua por día*** y un promedio de usos de ***10 usos por día***. Es importante indicar que la raíz de dichas variaciones entre casos de estudio está directamente ligada al número de integrantes, mobiliario hídrico, hábitos de consumo específicos de cada habitante y a la cantidad de horas de estadía en la vivienda.

Cabe señalar que los valores fueron calculados de la siguiente manera: Se llevo a cabo un registro de consumo diario durante los 15 días establecidos, una vez obtenidas dichas mediciones se sacó el ***promedio de consumo por vivienda***, es decir la cantidad de litros que se consumieron en su totalidad dividido entre el número de días monitoreados. Seguido de esto se sumaron los promedios de todos los casos de estudio analizados y se dividió entre los 10 casos de estudio analizados obteniendo un ***"Promedio representativo"***; en el caso puntual del promedio de número de usos del lavamanos se obtuvo al pedirle a los usuarios que llevaran un registro con el número de veces que utilizaban el lavamanos al día. Seguido de esto se promediaron el número de usos de todos los integrantes de la familia y se dividió entre el mismo número de integrantes. Por último, se sumaron los promedios del número de usos de todos los casos de estudio analizados y se dividió entre los 10 casos de estudio analizados obteniendo un ***"Promedio de uso representativo "más no absoluto"*** tomado en cuenta que este valor no considera eventualidades externas y hábitos de consumo particulares y propios de cada caso de estudio. Por lo tanto, se podría concluir que dicha cifra tiene su valor utilitario como un valor para uso ***"estándar"*** de las actividades cotidianas regulares.

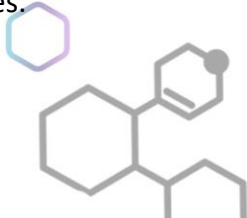




Figura 5.22 Promedios de consumo de agua potable en el área de lavamanos vivienda/usuario



Nota: Figura de elaboración propia

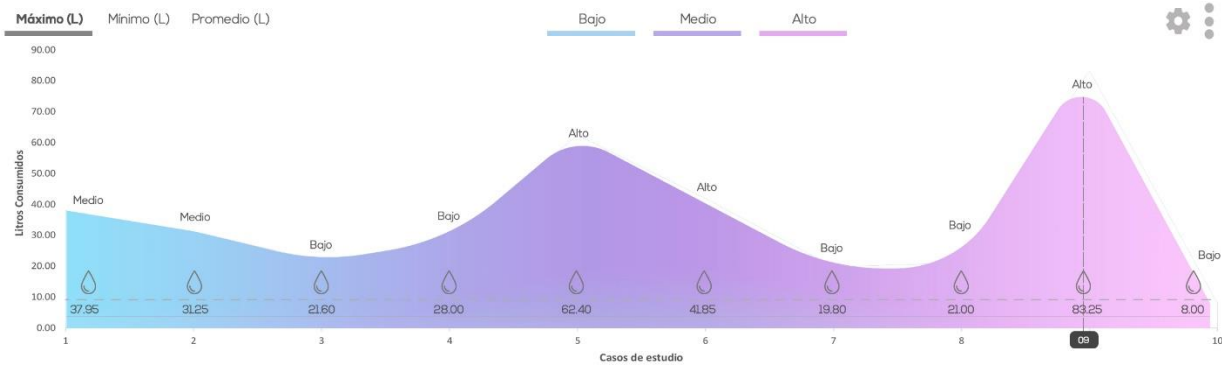
Dentro de estos valores se encuentra englobado un factor muy importante a considerar que son los **picos máximos y mínimos de consumo** que se registraron durante los 15 días de monitoreo en cada uno de los casos de estudio, ya que estos representan los **gastos** que una vivienda puede llegar a experimentar al momento de llevar a cabo las actividades en el lavamanos dentro del área del baño, en donde los hábitos de consumo de cada uno de los integrantes de la vivienda se ve reflejado en la cantidad de litros de agua de primer uso requeridos para llevar a cabo sus actividades. La importancia de este indicador radica en que el **cálculo del sistema** de tratamiento seleccionado tiene que contemplar y estar preparado para poder atender las demandas de los gastos máximos registrados, esto con la finalidad de garantizar el suministro del agua para la realización de sus actividades. Según los registros obtenidos el caso de estudio que presentó los mayores picos máximos de consumo corresponde al **caso de estudio 09**, el cual en el registro de consumos por monitoreo el medidor de caudal registro un **pico máximo** de consumo de agua potable de **83.25 Lt. en un solo día**, en contraparte el pico mínimo que el monitoreo continuo a través del medidor de caudal llego a registrar fue un consumo de agua potable de **1.15 Lt. en un solo día**. Este incremento en los picos máximos de consumo en contraste con el promedio registro representa un **incremento de un 312%**, valor a considerar al momento del cálculo.



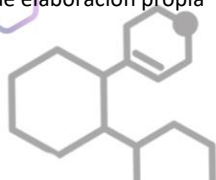


Para poder comprender el porqué del pico máximo registrado (caso de estudio 09) fue necesario **cruzar** la información obtenida por monitoreo con la información de los hábitos de consumo y la radiografía espacial de la vivienda, en el cual se presentó una condición muy particular y propia del caso de estudio analizado, ambos integrantes de la vivienda se dedican a realizar sus actividades productivas de manera **mixta (Home Office/Oficina)** por lo tanto su estadía dentro de la vivienda suele ser prolongada en varias ocasiones a la semana, por lo menos 3 días a la semana (tratan de dedicar dos día a la semana para realizar actividades fuera de casa) por lo tanto sus actividades que involucran al lavamanos están **concentradas** en su mayoría dentro de su vivienda. Así mismo uno de los integrantes (sexo masculino) declaro en la entrevista tener **Trastorno obsesivo compulsivo** en el tema de virus y bacterias, por lo tanto, siente la necesidad constante de estar lavando y desinfectando sus manos de manera **constante**, así mismo indico que el tiempo utilizado para llevar dicha actividad suele ser un poco más prolongado con la finalidad de “dejar sus manos libres de microorganismos”. Por último, el segundo integrante (sexo masculino) indico la realización de **actividades de “skincare”** con lo cual sus actividades en el lavamanos son más prolongadas de lo normal. Lo anterior se vio reflejado en un **incremento de hasta 235%** en comparación con las otras viviendas monitoreadas. Lo anterior mencionado no quiere decir que los demás casos no presentaron alguna peculiaridad en alguno de sus integrantes. Los picos máximos de los casos de estudio son muy contrastados entre sí y están directamente ligados a los **hábitos de consumo particulares** de cada usuario como se pueden apreciar en la siguiente figura:

**Figura 5.23** Comparativa de picos máximos registrados mediante monitoreo continuo en el área de lavamanos



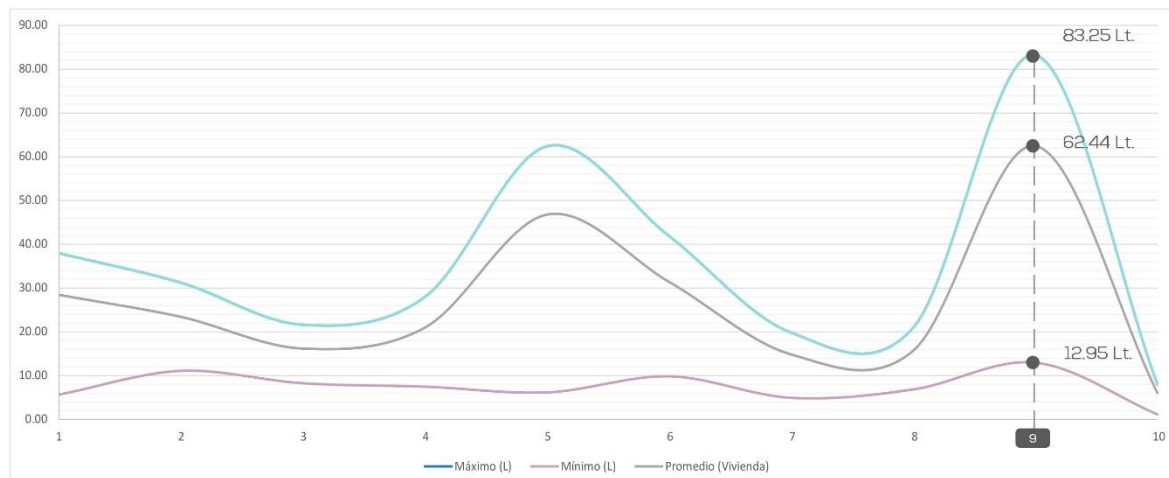
Nota: Figura de elaboración propia





A manera de contraste estadístico se realizó una **gráfica comparativa** de los resultados obtenidos y condensados de los 10 casos de estudio con respecto a los indicadores de Máximos, Mínimos y Promedio por vivienda, en la cual se puede observar que, a pesar de presentarse diferencias sustanciales entre indicadores, hubo casos en la que dos de estos valores estuvieron a punto de **coincidir**. Por ejemplo, el **caso de estudio 10** el valor del **pico Máximo (8.00 Lt.)** estuvo muy cerca de coincidir con el valor de **consumo promedio por vivienda (6.00 Lt.)**, lo cual se justifica debido a que ambos integrantes de la vivienda realizan sus actividades productivas fuera de la vivienda, por lo tanto sus actividades en el WC se encuentran **repartidas** entre el baño de la vivienda y el baño del trabajo, lo cual si bien no se ve reflejado en los resultados del monitoreo dentro de la vivienda no quiere decir que los consumos en general por parte de estos no sea elevado si se contabilizaran de manera indiscriminada. Por otro lado, el **caso de estudio 08** presento la misma situación, el valor del **pico Máximo (21.00 Lt.)** estuvo muy cerca de coincidir con el valor de **consumo promedio por vivienda (15.75 Lt.)**, lo cual se justifica debido a que de igual manera que en laso de estudio 02 las actividades del WC se encuentran repartidas entre el baño de la vivienda y el baño del trabajo, aunado a esto ambos integrantes de la vivienda declararon **tener hábitos** de rutinas dermatológicas un poco extensas por su condición (acné crónico grado IV) con lo cual requiere lavados de cara (2 veces al día) y aplicación de productos dermatológicos.

**Figura 5.24** Comparativa de máximos, mínimos y promedios obtenidos mediante monitoreo en el área de lavamanos



Nota: Figura de elaboración propia





Por último, lo anteriormente mencionado se condensa en **una tabla con todos los indicadores** mencionados y clasificados por cada caso de estudio con la finalidad de tener un **registro global** de los resultados obtenidos como resultado del monitoreo continuo. Cabe destacar que en este apartado se dejó de lado las peculiaridades específicas de cada de estudio con la finalidad de obtener **valores absolutos de referencia** para implementar en **cálculos de gastas hídricos promedio** dentro de la vivienda.

**Tabla 5.8** Condensado de resultados globales en área de lavamanos de los casos de estudio

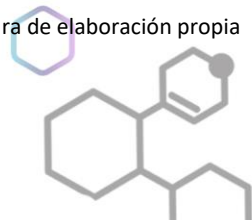
<u>Caso de estudio</u>	<u>01</u>	<u>02</u>	<u>03</u>	<u>04</u>	<u>05</u>
<b>Máximo (L)</b>	37.95	31.25	21.60	28.00	62.40
<b>Mínimo (L)</b>	5.67	11.08	8.25	7.48	6.16
<b>Promedio (Vivienda)</b>	28.46	23.44	16.20	21.00	46.80
<b>Tiempo por lavado</b>	1.00	1.00	2.00	1.00	2.00
<b>L. por lavado</b>	1.15	1.25	<b>2.16</b>	1.40	2.08
<b>Usos al día (vivienda)</b>	33.00	25.00	10.00	20.00	30.00
<b>Usos al día (usuario)</b>	10.00	12.00	5.00	10.00	10.00

Nota: Figura de elaboración propia

**Tabla 5.9** Continuación

<u>Caso de estudio</u>	<u>06</u>	<u>07</u>	<u>08</u>	<u>09</u>	<u>10</u>
<b>Máximo (L)</b>	41.85	19.80	21.00	<b>83.25</b>	8.00
<b>Mínimo (L)</b>	9.82	4.92	6.85	<b>12.95</b>	1.15
<b>Promedio (Vivienda)</b>	31.39	14.85	15.75	<b>62.44</b>	6.00
<b>Tiempo por lavado</b>	<b>3.00</b>	1.00	1.00	2.00	1.00
<b>L. por lavado</b>	1.35	0.90	0.75	1.85	0.80
<b>Usos al día (vivienda)</b>	31.00	22.00	28.00	<b>45.00</b>	10.00
<b>Usos al día (usuario)</b>	<b>15.00</b>	10.00	7.00	11.00	5.00

Nota: Figura de elaboración propia





### 5.2.5 Zona de análisis: Cocina. Actividad: Tarja

Figura 5.25 Imagen de referencia a la actividad en tarja



Nota: Figura obtenida de freepik.com bajo licencia de retribución

La tarja desempeña un papel crucial en la vivienda al proporcionar un espacio dedicado para realizar tareas de **limpieza e higiene en la cocina**. Su presencia mejora la funcionalidad, la comodidad y la estética del espacio, contribuyendo así al bienestar y la **calidad de vida** de los residentes. La tarja proporciona un espacio dedicado para lavar alimentos, platos, utensilios de cocina y otros objetos. Esto contribuye significativamente a mantener altos estándares de higiene en la cocina y en toda la vivienda, ayudando a prevenir la **contaminación cruzada** y la propagación de enfermedades. Cabe resaltar que esta es una actividad relativamente **regular y rutinaria** y que se encuentra directamente ligada a los hábitos de **consumo de alimentos** de cada uno de los usuarios, de igual manera esta zona es muy vulnerable a los malos hábitos de consumo de agua potable al no tener una cultura del uso correcto de este mobiliario hídrico. Los resultados más relevantes obtenidos fueron los siguientes:





Como resultado de los 15 días de monitoreo continuo en cada uno de los casos de estudio se obtuvo que el consumo ***promedio por vivienda*** para las actividades de la tarja en la cocina es de ***56.00 litros de agua por día***. Por otro lado, los resultados obtenidos arrojaron que el número de usos ***promedio por vivienda*** para las actividades de la tarja (exclusivo para lavado de trastes) en esta área es de ***2.5 veces al día***. El promedio por vivienda y número de usos ***más altos*** registrado corresponde al ***caso de estudio 02***, el cual obtuvo un promedio por vivienda de ***88.14 litros de agua por día*** y un promedio de usos de ***03 usos por día***. En su contraparte el caso de estudio que registro el promedio por vivienda y número de usos ***más bajo*** registrado corresponde al ***caso de estudio 07***, el cual obtuvo un promedio por vivienda de ***8.61 litros de agua por día*** y un promedio de usos de ***01 usos por día***. Es importante indicar que la raíz de dichas variaciones entre casos de estudio está directamente ligada al número de integrantes, mobiliario, hábitos de consumo de alimentos de cada habitante y a la cantidad de horas de estadía en la vivienda.

Cabe señalar que los valores fueron calculados de la siguiente manera: Se llevo a cabo un registro de consumo diario durante los 15 días establecidos, una vez obtenidas dichas mediciones se sacó el ***promedio de consumo por vivienda***, es decir la cantidad de litros que se consumieron en su totalidad dividido entre el número de días monitoreados. Seguido de esto se sumaron los promedios de todos los casos de estudio analizados y se dividió entre los 10 casos de estudio analizados obteniendo un ***"Promedio representativo"***; en el caso puntual del promedio de número de usos de la tarja se obtuvo al pedirle a los usuarios que llevaran un registro con el número de veces que lavaban los trastes al día. Seguido de esto se promediaron el número de usos de todos los integrantes de la familia y se dividió entre el mismo número de integrantes. Por último, se sumaron los promedios del número de usos de todos los casos de estudio analizados y se dividió entre los 10 casos de estudio analizados obteniendo un ***"Promedio de uso representativo "más no absoluto"*** tomado en cuenta que este valor no considera eventualidades externas y hábitos de consumo particulares y propios de cada caso de estudio. Por lo tanto, se podría concluir que dicha cifra tiene su valor utilitario como un valor para uso ***"estándar"*** de las actividades cotidianas regulares.





Figura 5.26 Promedios de consumo de agua potable en el área de tarja vivienda/usuario



Nota: Figura de elaboración propia

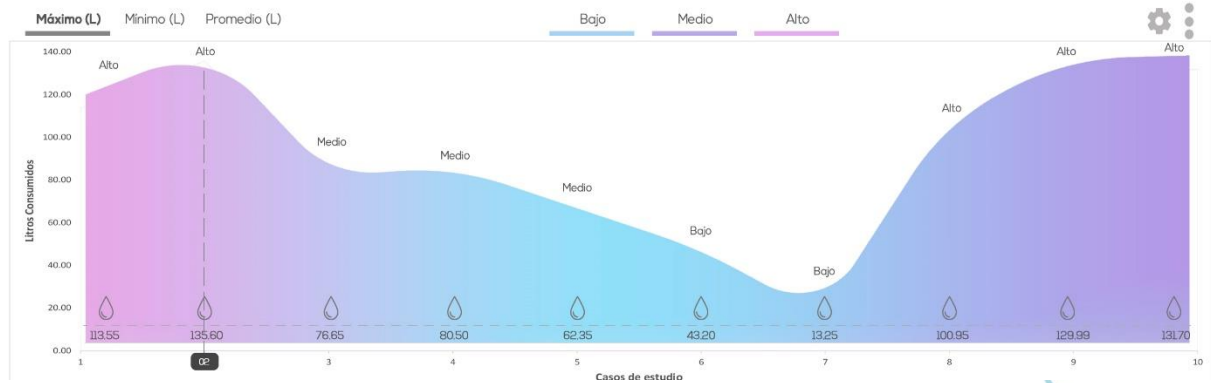
Dentro de estos valores se encuentra englobado un factor muy importante a considerar que son los **picos máximos y mínimos de consumo** que se registraron durante los 15 días de monitoreo en cada uno de los casos de estudio, ya que estos representan los **gastos** que una vivienda puede llegar a experimentar al momento de llevar a cabo las actividades en la tarja dentro del área del cocina, en donde los hábitos de consumo de cada uno de los integrantes de la vivienda se ve reflejado en la cantidad de litros de agua de primer uso requeridos para llevar a cabo sus actividades. La importancia de este indicador radica en que el **cálculo del sistema** de tratamiento seleccionado tiene que contemplar y estar preparado para poder atender las demandas de los gastos máximos registrados, esto con la finalidad de garantizar el suministro del agua para la realización de sus actividades. Según los registros obtenidos el caso de estudio que presentó los mayores picos máximos de consumo corresponde al **caso de estudio 02**, el cual en el registro de consumos por monitoreo el medidor de caudal registro un **pico máximo** de consumo de agua potable de **135.60 Lt. en un solo día**, en contraparte el pico mínimo que el monitoreo continuo a través del medidor de caudal llegó a registrar fue un consumo de agua potable de **5.96 Lt. en un solo día**. Este incremento en los picos máximos de consumo en contraste con el promedio registro representa un **incremento de un 240%**, valor a considerar al momento del cálculo.





Para poder comprender el porqué del pico máximo registrado (caso de estudio 02) fue necesario **cruzar** la información obtenida por monitoreo con la información de los hábitos de consumo y la radiografía espacial de la vivienda, en el cual se presentó una condición muy particular y propia del caso de estudio analizado, uno de los integrantes (sexo femenino) se dedica por completo a las **actividades domésticas**, por lo tanto su estadía en la vivienda es de **tiempo completo**, los otros dos integrantes de la vivienda (ambos de sexo masculino) uno se dedica a actividades estudiantiles y otro tiene trabajo formal por lo tanto su estadía en la vivienda es de 1/3 del día. Debido a dicha condición en los hábitos de consumo de alimentos se reportó que todos los integrantes de la vivienda realizan de manera **directa o indirecta las 3 comidas al día en la vivienda**, ya que la jefa de familia realiza 3 veces al día actividades de cocina para abastecer a los demás integrantes de la vivienda de comida, por lo tanto, el **cúmulo de trastes** empleados para la preparación suele ser de **regular a grande un total de 3 veces al día**. Aunado esto señalo que dentro de la preparación de alimentos esta contempla un tercer hijo que a pesar de vivir en una vivienda independiente al núcleo familiar analizado es abastecido por la madre de alimento. Lo anterior se vio reflejado en un **incremento de hasta 1000%** en comparación con las otras viviendas monitoreadas. Lo anterior mencionado no quiere decir que los demás casos no presentaron alguna peculiaridad en alguno de sus integrantes. Los picos máximos de los casos de estudio son muy contrastados entre sí y están directamente ligados a los **hábitos de consumo particulares** de cada usuario como se pueden apreciar en la siguiente figura:

**Figura 5.27** Comparativa de picos máximos registrados mediante monitoreo continuo en el área de tarja



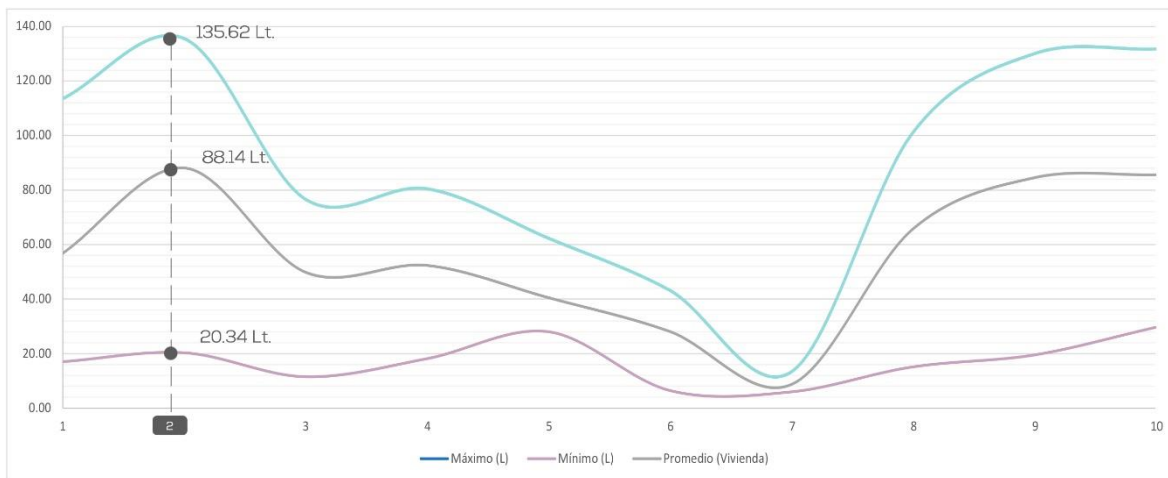
Nota: Figura de elaboración propia



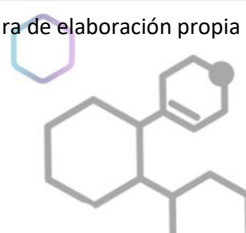


A manera de contraste estadístico se realizó una **gráfica comparativa** de los resultados obtenidos y condensados de los 10 casos de estudio con respecto a los indicadores de Máximos, Mínimos y Promedio por vivienda, en la cual se puede observar que, a pesar de presentarse diferencias sustanciales entre indicadores, hubo un caso en particular en la que los tres valores estuvieron a punto de **coincidir**. Este fue el **caso de estudio 07** el valor del **pico Máximo (13.25 Lt.)** estuvo muy cerca de coincidir con el valor de **pico Mínimo (5.96 Lt.)** y el cual a su vez estuvo muy cerca de coincidir con el valor de **consumo promedio por vivienda (8.61 Lt.)**, lo cual se justifica debido a que ambos integrantes de la vivienda realizan sus actividades productivas fuera de la vivienda, por lo tanto sus actividades en la tarja se encuentran **concentradas** única y exclusivamente en la **noche** que es cuando arriban a su casa para realizar la tercer comida del día (cena) que como mencionan tiende a ser ligera, cereales y frutas en su mayoría. Con lo cual el cumulo de utensilios para la elaboración de estos platillos es **muy baja**. El desayuno y la comida lo realizan **fuera del hogar** con lo cual el cumulo de utensilios es **nulo**. Por lo tanto y en resumen la utilización de la tarja en este caso de estudio es muy baja a lo largo del día por la falta de estadía de los habitantes propiciando así que los tres valores registrados se encuentran casi dentro del mismo rango. Con respecto a los 09 restantes casos de estudio analizados los tres valores registrados si presentan **variaciones significativas** lo cual para esta zona de la vivienda analizada se considera como **“normal”**.

**Figura 5.28** Comparativa de máximos, mínimos y promedios obtenidos mediante monitoreo en el área de tarja



Nota: Figura de elaboración propia





Por último, lo anteriormente mencionado se condensa en **una tabla con todos los indicadores** mencionados y clasificados por cada caso de estudio con la finalidad de tener un **registro global** de los resultados obtenidos como resultado del monitoreo continuo. Cabe destacar que en este apartado se dejó de lado las peculiaridades específicas de cada de estudio con la finalidad de obtener **valores absolutos de referencia** para implementar en **cálculos de gastas hídricos promedio** dentro de la vivienda.

**Tabla 5.10** Condensado de resultados globales en área de tarja de los casos de estudio

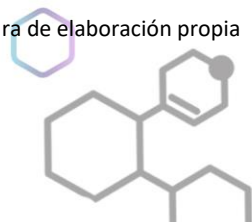
<u>Caso de estudio</u>	<u>01</u>	<u>02</u>	<u>03</u>	<u>04</u>	<u>05</u>
<b>Máximo (L)</b>	113.55	<b>135.60</b>	76.65	80.50	62.35
<b>Mínimo (L)</b>	17.03	20.34	11.50	18.11	28.06
<b>Promedio (Vivienda)</b>	56.78	<b>88.14</b>	49.82	52.33	40.53
<b>Tiempo de lavado por sesión</b>	10	10	7	10	<b>15</b>
<b>L. por lavado</b>	37.85	45.20	25.55	40.25	62.35
<b>Sesiones al día (vivienda)</b>	3.00	3.00	3.00	2.00	1.00
<b>Usos extras al día (usuario)</b>	1.00	<b>5.00</b>	2.00	3.00	3.00

Nota: Figura de elaboración propia

**Tabla 5.11** Continuación

<u>Caso de estudio</u>	<u>06</u>	<u>07</u>	<u>08</u>	<u>09</u>	<u>10</u>
<b>Máximo (L)</b>	43.20	13.25	100.95	129.99	131.70
<b>Mínimo (L)</b>	6.48	<b>5.96</b>	15.14	19.50	29.63
<b>Promedio (Vivienda)</b>	28.08	8.61	65.62	84.49	85.61
<b>Tiempo de lavado por sesión</b>	5	5	8	10	<b>15</b>
<b>L. por lavado</b>	14.40	13.25	33.65	43.33	<b>65.85</b>
<b>Sesiones al día (vivienda)</b>	3.00	1.00	3.00	3.00	2.00
<b>Usos extras al día (usuario)</b>	3.00	1.00	1.00	3.00	3.00

Nota: Figura de elaboración propia

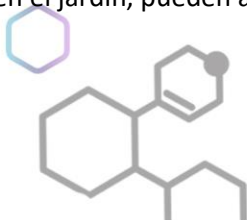




### 5.3 Hábitos de consumo de agua potable en caso de estudio

Como se mencionó en los apartados anteriores, los resultados presentados están directamente ligados a los hábitos de consumo de cada vivienda, los cuales a su vez se diversifican ya sea de manera positiva o negativa por los **hábitos de consumo de agua potable particulares** de todos y cada uno de los integrantes de la vivienda. Los hábitos de consumo de agua potable pueden **variar significativamente** según la región, la disponibilidad de agua, el tamaño de la familia, las prácticas culturales, las condiciones climáticas y las prácticas individuales. Aquí hay algunos aspectos comunes de los hábitos de consumo de agua en el hogar:

- **Consumo personal:** Cada persona tiene diferentes necesidades de consumo de agua, que pueden variar según la edad, el sexo, el nivel de actividad física y la salud. Algunas personas pueden beber más agua que otras, mientras que algunas actividades, como ducharse o lavar platos, también pueden contribuir al consumo de agua personal.
- **Higiene personal:** El baño y el cuidado personal pueden representar una parte significativa del consumo de agua en el hogar. Esto incluye ducharse, bañarse, lavarse las manos, cepillarse los dientes y otras actividades de higiene diaria que requieren el uso de agua, las cuales estarán ligadas al tiempo de estadía dentro de la vivienda.
- **Trastornos obsesivo compulsivos:** son trastornos mentales crónicos caracterizados por la presencia de obsesiones y compulsiones, son comportamientos repetitivos que una persona siente la necesidad de realizar en respuesta a las obsesiones como por ejemplo y en relación al tema de investigación la realización de actividades de limpieza e higiene más prolongadas, minuciosas y repetitivas, con el objetivo de reducir la ansiedad o prevenir algún resultado temido que por lo general responde a un trauma o suceso en su vida.
- **Uso de mobiliario hídrico eficiente:** La elección de electrodomésticos eficientes en términos de consumo de agua, como grifos de bajo flujo, cabezales de ducha de alta eficiencia, inodoros de bajo consumo y lavavajillas eficientes, puede ayudar a reducir el consumo total de agua en el hogar.
- **Conciencia y hábitos de ahorro de agua:** Fomentar la conciencia sobre el uso responsable del agua y promover hábitos de ahorro de agua, como reparar fugas, cerrar los grifos mientras no se usan, reutilizar el agua cuando sea posible y recoger agua de lluvia para uso en el jardín, pueden ayudar a reducir el consumo de agua en el hogar.

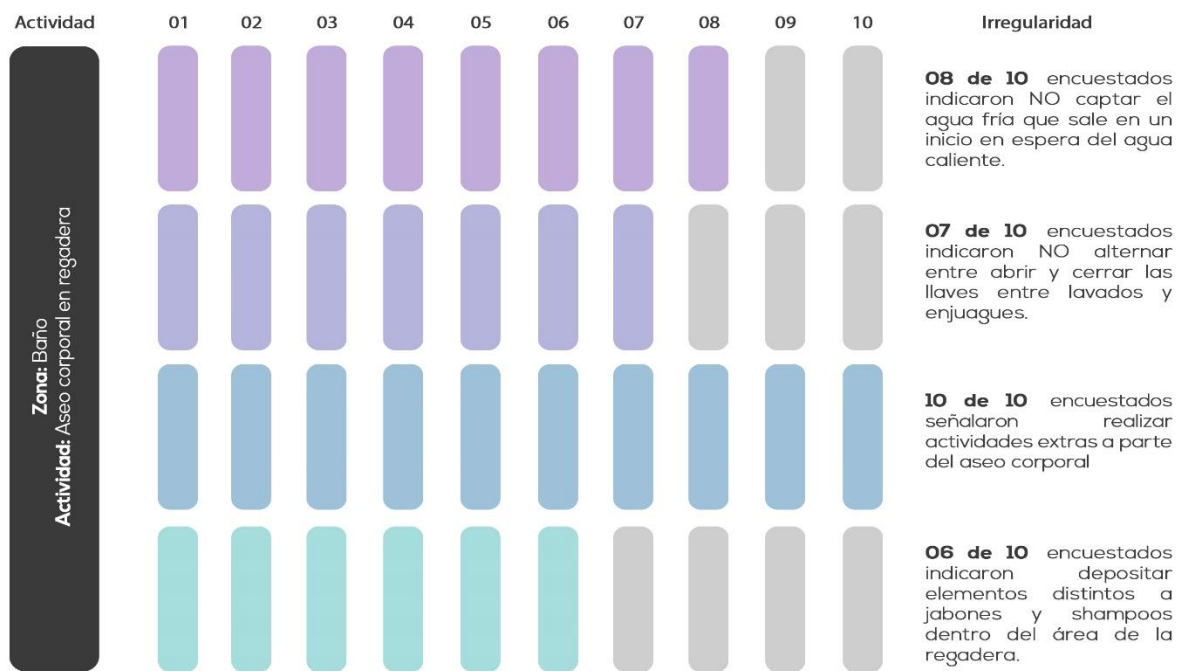




Cabe destacar que todas y cada una de las zonas húmedas analizadas poseen sus hábitos de consumo **particulares** y en función a las actividades que en estas zonas se pueden llegar a realizar, entre los resultados más importantes encontrados fueron los siguientes:

Dentro del área del baño en específico al momento de llevar a cabo actividades de higiene dentro de la regadera los usuarios reportaron los siguientes hábitos: **08 de 10 encuestados** indicaron **NO captar el agua fría** que sale en un inicio en espera del agua caliente, al preguntarles las principales razones de esto indicaron que les causa “pereza” el recolectar el agua y después verterla o utilizarla en otro lado o que no contaban con un recipiente o cubeta para llevar dicha actividad. Esto representa un **desperdicio** de agua de primer uso de **17% (25 Lt. – 35 Lt.)**. Por otro lado **07 de 10 encuestados** indicaron **NO alternar entre abrir y cerrar las llaves entre lavados y enjuagues**, declararon que consideran más práctico el tener todo el tiempo el flujo del agua corriendo sobre su cuerpo a tener que hacer “pausas” al estar abriendo y cerrando las llaves. Seguido de eso **10 de 10 encuestados** señalaron **realizar actividades extras a parte del aseo corporal**, entre estas actividades señalaron actividades de skincare, de relajación, meditación, actividades sexuales, aromaterapia, entre otras. Cuando se les cuestiono el porqué de estas actividades la respuesta con mayor puntuación fue que el baño genera un **espacio de confort** que propicia a prolongar su estadía dentro de la regadera e incluir las actividades anteriormente mencionadas.

**Figura 5.29** Resumen de hábitos de consumo en la zona de la regadera



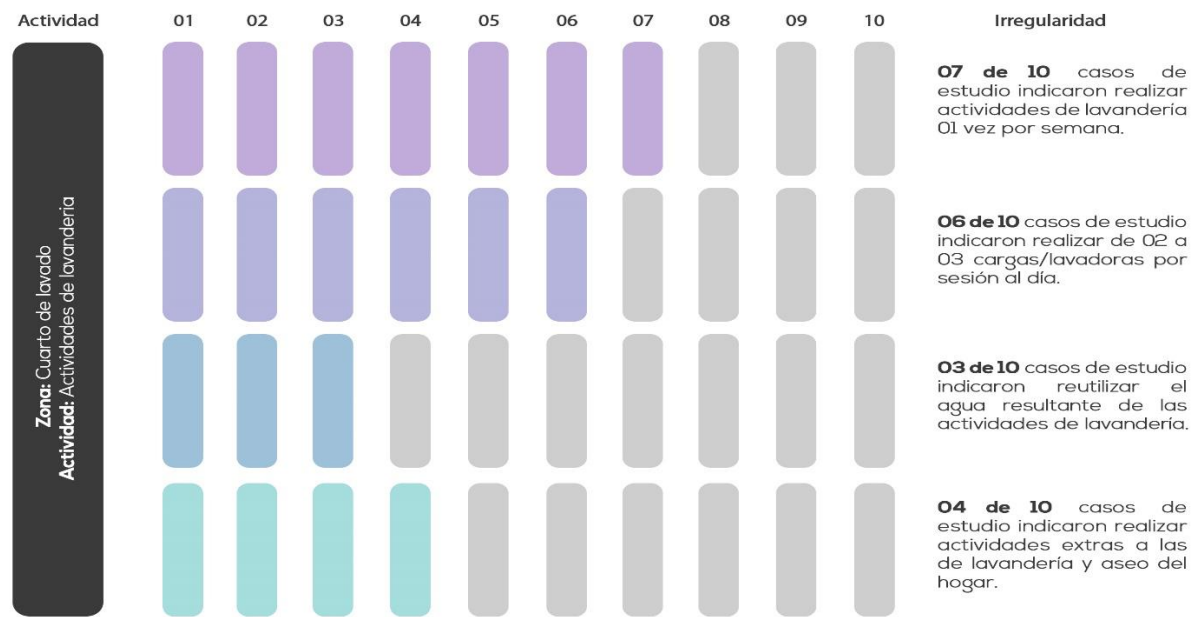
Nota: Figura de elaboración propia





Dentro del área del cuarto de lavado en específico al momento de llevar a cabo actividades de lavandería y limpieza del hogar los usuarios reportaron los siguientes hábitos: **07 de 10 casos de estudio** indicaron **realizar actividades de lavandería 01 veces por semana**, así mismo indicaron que dicha actividad es realizada en **fin de semana** (principalmente en domingo) debido a que en la mayoría de los casos son los días en los que **descansan** de sus actividades productivas y les permite llevar a cabo dichas actividades. Los otros 3 casos de estudio realizan estas actividades de 02 a 03 veces a la semana, esto debido a que en esos núcleos familiares por lo menos uno de sus integrantes se dedica de lleno a las actividades del hogar y el número de integrantes de la vivienda es de 03 a 04. Por otro lado, **06 de 10 casos de estudio** indicaron realizar de **02 a 03 cargas/lavadoras por sesión**, al preguntar las principales razones de esto indicaron que se debe al cumulo de ropa sucia utilizada a lo largo de la semana, otros indicaron que hacen cambios de cama de manera semanal y otros se debía a la necesidad del lavado constante de los uniformes escolares y de trabajo de los integrantes de la familia. Seguido de esto **03 de 10 casos de estudio** indicaron **reutilizar el agua resultante de las actividades de lavandería**, esto con la finalidad de reducir el consumo de agua potable. Indicaron que dicha agua la utilizan para el regado de plantas, regado de cochera y calle o para trapear el interior de la vivienda. Por último **04 de 10 casos de estudio** indicaron **realizar actividades extras a las de lavandería** y aseo del hogar como por ejemplo el aseo de mascotas y sus utensilios, así como lavado de utensilios de las actividades comerciales del hogar.

Figura 5.30 Resumen de hábitos de consumo en la zona del cuarto de lavado



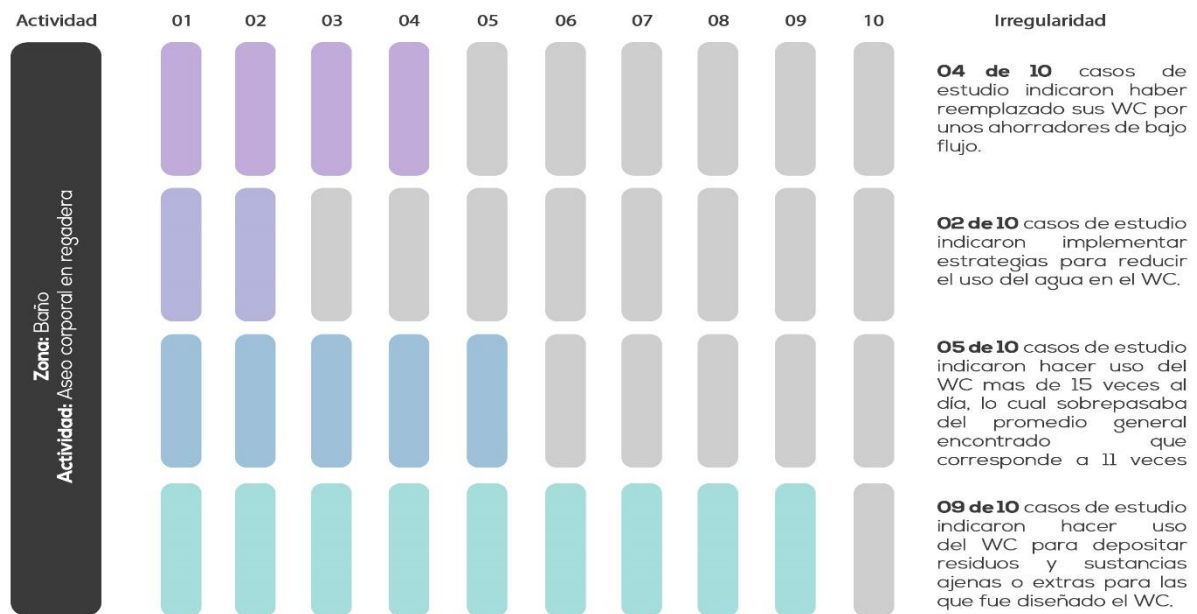
Nota: Figura de elaboración propia





Dentro del área del baño en específico al momento de utilizar el WC los usuarios reportaron los siguientes hábitos: **04 de 10 casos de estudio** indicaron haber **reemplazado sus WC por unos ahorradores de bajo flujo**. Al preguntarles la razón de dicho cambio indicaron que se debió a que sus mobiliarios eran estéticamente “viejos y feos” sin contar que consideraban que **consumían mucha agua** de primer uso (6.0 Lt. aproximadamente). Así mismo indicaron que los costos de sus recibos de agua (SIAPA) **bajaron** sustancialmente al realizar dicho cambio. Por otro lado **02 de 10 casos de estudio** indicaron **implementar estrategias** para reducir el uso del agua en el WC. Al preguntar las principales razones de dicha acción indicaron que querían reducir el consumo de sus WC ya que señalaron “no se necesita tanta agua para evacuar los residuos”. La manera en que lograron dicha acción fue mediante la introducción de contenedores con tierra/arena en el gabinete o caja de almacenamiento de agua de los WC. Seguido de esto **05 de 10 casos de estudio** indicaron hacer **uso del WC más de 15 veces al día**. Las razones indicadas fueron variadas, pero en su mayoría fueron por cuestiones de metabolismo y número de veces que sus organismos requieren la evacuación de residuos o por malas prácticas en la utilización del WC, al estar evacuando de manera innecesaria sustancias y productos varias veces al día. Por ultimo y en relación al punto anterior **09 de 10 casos de estudio** indicaron hacer uso del WC para **depositar residuos y sustancias** ajenas o extras para las que fue diseñado el WC, entre estas se encuentran saliva, mucosidad, condones, residuos sexuales, cigarrillos, toallas desmaquillantes, entre otras.

Figura 5.31 Resumen de hábitos de consumo en la zona del sanitario



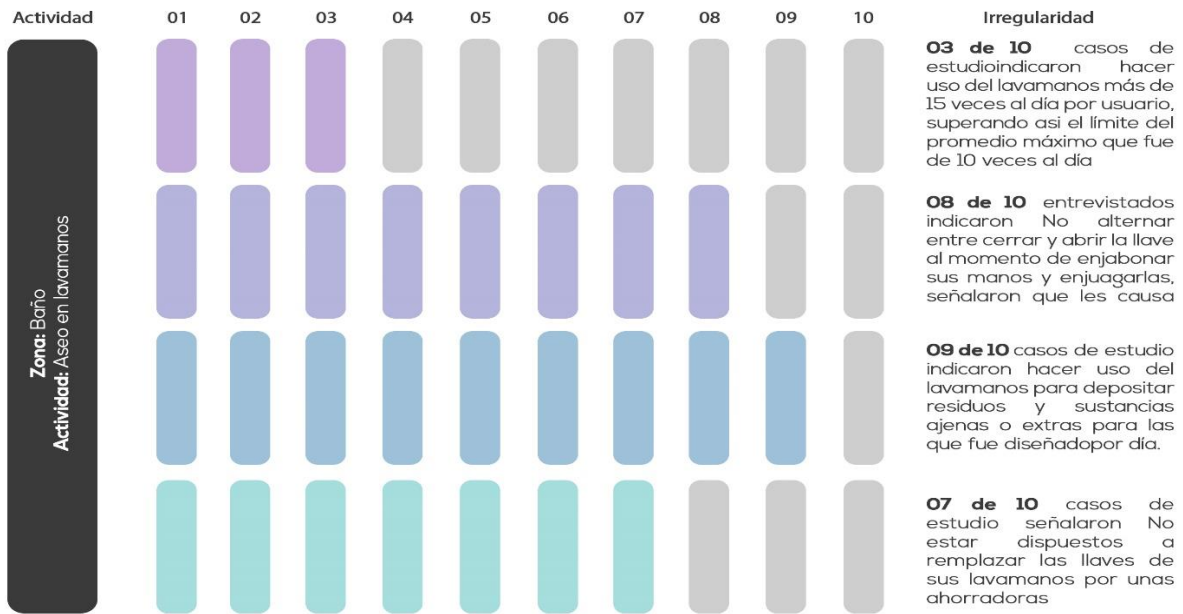
Nota: Figura de elaboración propia





Dentro del área del baño en específico al momento de utilizar el lavamanos los usuarios reportaron los siguientes hábitos: **03 de 10 casos de estudio** indicaron hacer uso del lavamanos **más de 15 veces al día por usuario**, superando así el límite del promedio máximo que fue de 10 veces al día, según los resultados del presente trabajo de investigación, cuando se les cuestiono el porqué de dicha acción señalaron una necesidad compulsiva (TOC) de estar sanitizado sus manos constantemente y que la sesión para el lavado de su manos sea más prolongado e incluso consideren necesario el aplicar jabón en dos ocasiones para garantizar la total eliminación de los virus y bacterias. Por otro lado **08 de 10 entrevistados** indicaron **NO alternar** entre cerrar y abrir la llave al momento de enjabonar sus manos y enjuagarlas, al cuestionarles por qué señalaron que les causa “pereza” y no ven necesario el llevar a cabo dicha acción ya que su sesión de lavado de manos es muy breve y no representa mucho en cuestión de ahorro de agua. Seguido de esto **09 de 10 casos de estudio** indicaron hacer uso del lavamanos para **depositar residuos y sustancias ajenas** o extras para las que fue diseñado, entre estas su mayoría se encuentran conformadas por productos de belleza o dermatológicos debido a la gran cantidad de actividades estéticas/cosméticas que son llevadas a cabo en esta zona. Por último **07 de cada 10** casos de estudio señalaron **No estar dispuestos a remplazar las llaves** de sus lavamanos por unas ahorradoras, esto a que según su percepción el costo/beneficio que conlleva el llevar acabo esta acción no lo amerita ya que para ellos el costo de este mobiliario es muy alto en comparación a la cantidad de agua que se podría ahorrar al instalarlas.

**Figura 5.32** Resumen de hábitos de consumo en la zona del lavamanos



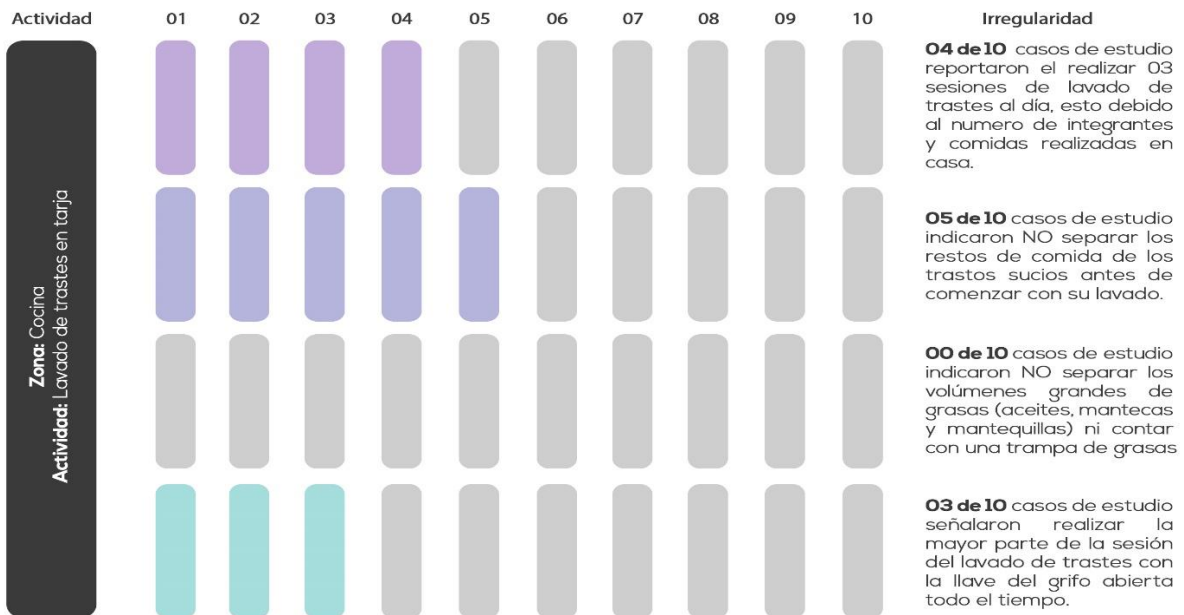
Nota: Figura de elaboración propia





Dentro del área del cocina en específico al momento de utilizar la tarja los usuarios reportaron los siguientes hábitos: **04 de los 10 casos de estudio** reportaron el realizar 03 sesiones de lavado de trastes al día, esto debido al número de integrantes y comidas realizadas en casa así como de casos particulares como el del caso de estudio 02 donde en los hábitos de consumo de alimentos se reportó que todos los integrantes de la vivienda realizan de manera **directa o indirecta las 3 comidas al día en la vivienda**, por lo tanto, el **cumulo de trastes** empleados para la preparación suele ser de **regular a grande**. Por otro lado **05 de 10 casos de estudio** indicaron **NO separar los restos de comida** de los trastos sucios antes de comenzar con su lavado, aumentando así de manera significativa los volúmenes de solidos orgánicos de esta actividad a las aguas residuales de la vivienda. Seguido de esto **00 de los 10 casos de estudio** indicaron **NO separar los volúmenes grandes de grasas** (aceites, mantecas y mantequillas) ni contar con una trampa de grasas al momento de lavar los trastos sucios, agregando así uno de los elementos más contaminantes y difíciles de depurar de las aguas residuales, reduciendo así la compatibilidad de esta área con el sistema de tratamiento de aguas grises. Por último **04 de los 10 casos de estudio** señalaron realizar la mayor parte de la sesión del lavado de trastes con **la llave del grifo abierta** debido a que consideran que así los trastos que no están enjabonando en ese momento se están **“limpiando”** de manera indirecta.

**Figura 5.33** Resumen de hábitos de consumo en la zona de tarja



Nota: Figura de elaboración propia





## 5.4 Conclusiones

Una vez finalizado el cruce de información obtenida de los 15 días de **monitoreo** de los 10 casos de estudio, así como de la información obtenida a través de las **entrevistas** y **encuestas** de la radiografía espacial de la vivienda y los hábitos de consumo particulares de cada uno de los usuarios de los núcleos familiares podemos concluir lo siguiente: como se indicó en el apartado 5.1.1 “*Resultados obtenidos*” el consumo **promedio por usuario** de agua de primer uso obtenido mediante monitoreo continuo a través del medidor de caudal arrojó un consumo de **230.25 Lt. al día**, el cual se comparó y contrastó con dos indicadores de referencia muy importantes y previamente señalados en este documento los cuales fueron: La cantidad de agua que la *Organización Mundial de la Salud* (OMS) recomienda para la realización de las actividades domésticas cotidianas (100 – 200 Lt por habitante al día) y la dotación de agua potable por habitante que SIAPA está suministrando según su *Reporte de Actividades 2023* (218 Lt por habitante al día), evidenciando así que los consumos presentados por los casos de estudio se encuentran **fuera de rango**.

Por otro lado, los porcentuales de cada área correspondientes del **100% del gasto semanal** indican que las áreas de mayor consumo de agua potable son:

1. El área de la regadera en las **actividades de la ducha y/o ase corporal**, abarcando un total del **37.32% del agua total** consumida en la vivienda de manera semanal.
2. El área del cuarto de lavado en las **actividades de lavandería** como lo es el lavado de ropa, abarcando un total de **24.99% del agua total** consumida en la vivienda de manera semanal.
3. El área del WC específico en las **actividades que involucran el uso del sanitario**, abarcando un total del **24.86% del agua total** consumida en la vivienda de manera semanal.

Por lo tanto, se establece para efectos del presente trabajo de investigación que estas áreas son consideradas como “*La triada*” más representativa con **alto potencial para el tratamiento e implementación del tratamiento de aguas grises por volumen**.





Cabe aclarar que el área del WC solo fungirá como **zona receptora** de aguas tratadas más **NO** se recolectará absolutamente ningún litro de agua de esta zona para su tratamiento debido a el **nivel de rechazo** que esta agua tiene por parte de los usuarios y que quedo evidenciado en el capítulo 04 en su apartado denominado “Practicas ecológicas y nivel de aceptación a ecotecnologías”. Con base a lo anterior mencionado se puede estimar que de la cantidad de agua de primer uso que se pudiera estar captando corresponde a un total de **81.12%** del agua total que una vivienda requiere al momento de realizar sus actividades cotidianas, es decir una vivienda consume un total de **460.50 Lt** de agua de primer uso al día de los cuales y según las áreas de captación seleccionadas se podrían captar un total de **373.58 Lt.** de aguas grises para su tratamiento y posterior reutilización. Por lo tanto, se considera como **“Viable”** la implementación de un sistema de tratamiento. Es importante señalar que como se indicó en cada uno de los apartados de las áreas analizadas presentan **porcentuales de incremento** los cuales oscilan entre **120%** y **200%** y que a su vez estan en directa relacion con los hábitos de consumo de cada uno de los usuarios analizados, por lo tanto y para efectos prácticos se tomó la decisión de tener un factor de **150%** para implementar al momento de realizar los cálculos correspondientes del rendimiento y capacidad del sistema de tratamiento a implementar. Con lo anterior se podría tener un margen de soporte para los picos correspondientes a las eventualidades que se pudieran generar.

De igual manera es importante concluir que los valores de volúmenes de agua de primer uso consumidos por los usuarios sólo deben de considerarse como un **“valor base”** debido a que dichos resultados se encuentran 100% **condicionados a los hábitos de consumo específicos de cada usuario** analizado, lo cual si bien puede llegar a presentar similitud con algún sector de la sociedad todos y cada uno de los habitantes analizados presentan una **personalización** propia influenciados por su ubicación geográfica, cultura, nivel de estudio, actividades productivas, actividades deportivas, hábitos de aseo personal entre muchos otros más. Por lo tanto, la información aquí presentada solo será un referente propio perteneciente a la ZMG.





# 06

## Generación de aguas grises en la vivienda (Resultados)



Alumno: Arq. Quezada Limón Luis Francisco. Asesor: Dr. Flores Elizondo Rodrigo, Agosto 2024



## 6.0 Introducción

Esta etapa metodológica se desprende directamente del trabajo realizado en las etapas 01,02,03 y 04 en donde el monitoreo continuo In Situ mediante los medidores de caudal jugaron un papel fundamental al proporcionar las cifras exactas de agua de primer uso que se está consumiendo dentro de las zonas analizadas, para así mediante **estimación** poder establecer lo más acertado posible que **cantidad de aguas grises** se están generando dentro de la vivienda como producto de las actividades cotidianas por parte de los usuarios. Es importante señalar que en esta etapa se encuentra **condicionada** por un **porcentaje de perdida** que se estará experimentando, es decir **NO** toda el agua empleada en una actividad que involucre la utilización de agua de primer uso se va directamente al drenaje según expertos aproximadamente el **30%** del agua que se implementó en actividades hídricas no es captada y/o canalizada a la red municipal (CONAGUA, 2019). De lo anterior mencionado se estima que entre **10% y 15%** del agua empleada queda de manera indirecta **adherida o retenida** en la estructura física del elemento al que se pone en contacto con el líquido para posteriormente ser **desechada** por distintos métodos mediante **evaporación** para ser reintegrada al medio ambiente y por ende al **ciclo del agua** (Chiquimula, 2018), el resto se asocia a pérdidas por fugas en instalaciones. Esta información se verá reflejada al momento de comparar el agua potable que **ingresó** contra la cantidad de aguas grises **desechadas**. Esta etapa cuenta con una segunda fase, la cual contempla un **muestreo** de las aguas grises generadas con la finalidad de poder aplicar los **exámenes y análisis** correspondientes para determinar su composición física, química, organoléptica y microbiana y en base a esto determinar qué tan **viable** es poder tratar estas aguas y así seleccionar el sistema de tratamiento más adecuado a implementar. Para esta etapa se considera el uso de la herramienta de observación directa con medición continua y un muestreo para **análisis de laboratorio**.





## 6.2 Cuantificación de volúmenes de aguas residuales en la vivienda

Como primer paso para poder determinar los **volúmenes de aguas grises** que será tratados por el sistema de tratamiento seleccionado fue la cuantificación de los **volúmenes totales de aguas residuales** que se generan dentro de la vivienda como resultado de las actividades cotidianas de los usuarios. Para esto se condensó toda la información presentada en el capítulo 05 “Consumos de agua potable en la vivienda”, para ello se utilizaron los promedios representativos de cada área seleccionada y monitoreada integrando así los siguientes valores:

- Área de regadera: **166.35 lt al día.**
- Área de tarja: **56 lt al día.**
- Área de lavado: **124.58 lt al día.**
- Área de lavamanos: **26.65 lt al día.**
- Área de WC: **86.95 lt al día.**

De los volúmenes anteriormente mencionados se obtuvo un volumen total de aguas residuales de **460.50 lt al día.** Este valor corresponde al promedio de las viviendas analizadas con 2 a 4 integrantes en el núcleo familiar. Como se mencionó en el presente trabajo de investigación el sistema de tratamiento seleccionado está dirigido a vivienda vertical con prototipos de edificación de entre **8 y 10 unidades habitacionales** por torre, por lo tanto, se puede especular que se pueden llegar a producir un **mínimo de 4,605 litros de aguas residuales por día**, dicho valor presentará un incremento dependiendo de las estructuras en los núcleos familiares que lleguen habitar en el desarrollo. Cabe destacar que los valores presentados son ya el resultado de los litros de agua consumidos en estas áreas de agua de primer uso menos el **porcentaje de perdida** mencionado en la introducción del presente capítulo que para efectos prácticos y en asesoría con expertos en el tema se acordó de manejar con un **15%**. Posterior a esto se procedió a diferenciar y obtener los valores de los volúmenes de aguas residuales que participaran al ser consideradas **viables** en su **tratamiento** para su posterior **reutilización.**

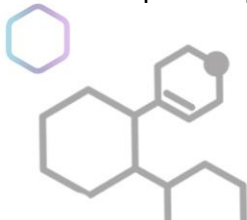
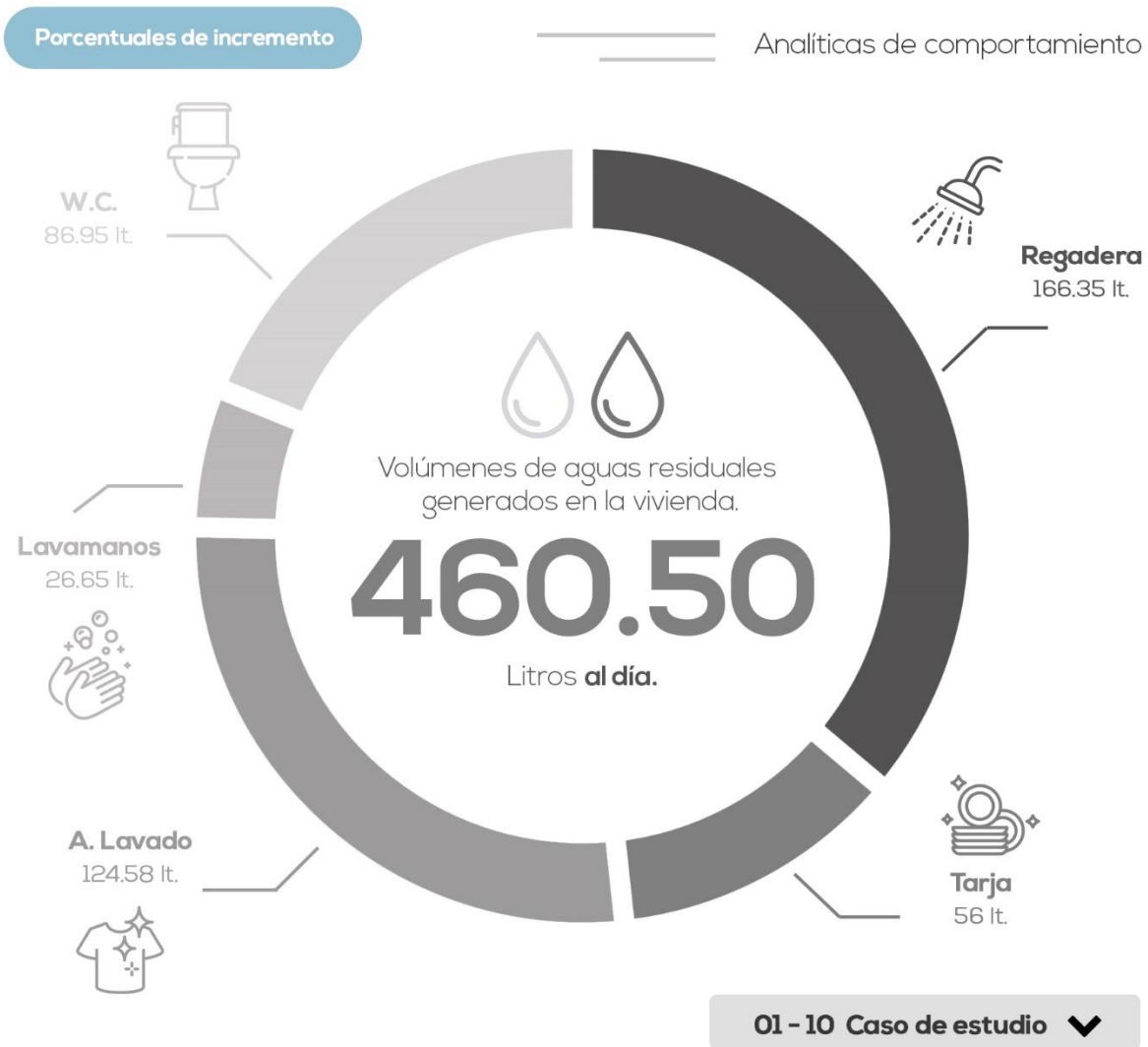




Figura 6.1 Volumen total de aguas residuales producidas en la vivienda



Nota: Figura de elaboración propia

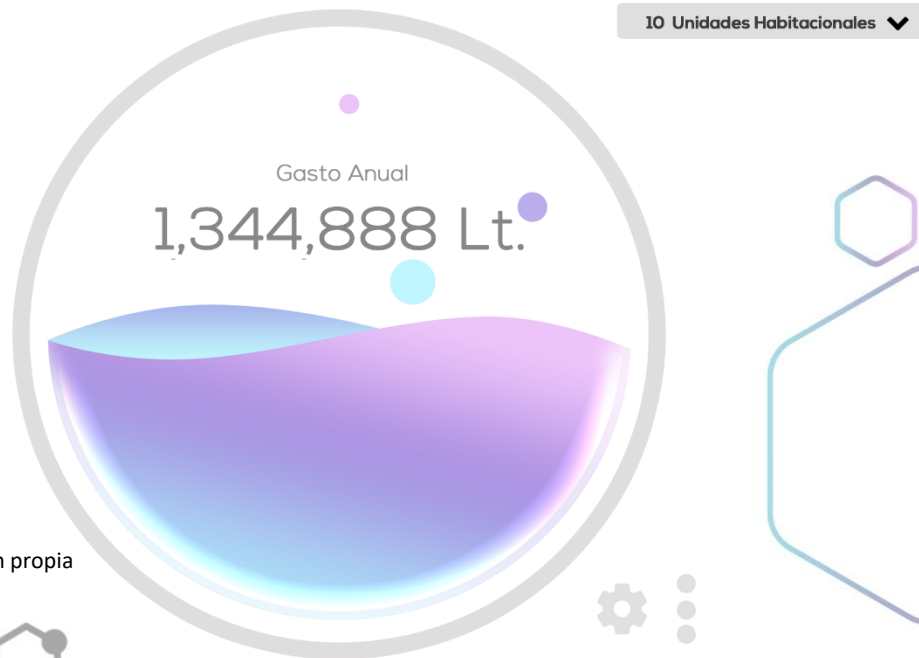
Como se mencionó en el apartado de “características de las aguas grises” **NO** todas las aguas residuales entran dentro de este rubro principalmente las aguas provenientes del WC por sus **altos contenidos de coliformes** provenientes de la materia fecal depositada en él, con la finalidad de **prolongar la vida** del tiempo útil del sistema de tratamiento y propiciar un **correcto funcionamiento** de las comunidades microbianas las aguas provenientes de la tarja y el lavamanos fueron incluidas entre las aguas a tratar a pesar de su bajo volumen de generación, por lo tanto el volumen de aguas grises **viables** para su posterior tratamiento generadas por vivienda es de **373.55 lt al día** (Resultado de la resta del volumen de aguas residuales menos el volumen de aguas provenientes del W.C.:  $460.50 - 86.95 = 373.55$ ),



dicho valor presentará un **incremento** dependiendo de las estructuras en los núcleos familiares que lleguen habitar en el desarrollo. Al igual que en el caso de la cuantificación de las aguas residuales las aguas grises totales se calcularon en prototipos de edificación de **10 unidades habitacionales** por torre, por lo tanto, se puede estimar que se pueden llegar a producir un **mínimo de 3,735.50 litros de aguas grises por día** (volumen de aguas grises por 10 unidades habitacionales:  $373.55 \times 10 = 3,735.50$ ). Este valor asume un mayor peso de beneficio si lo **prospectamos** en una línea temporal a futuro más prolongada por ejemplo estamos hablando de que se podrían llegar a tratar un mínimo de entre **112,074.00 litros de aguas grises por mes** (Volumen de aguas grises en la torre por 30 días:  $3,735.50 \times 30 = 112,074$ ) o si vamos más allá se podrían llegar a tratar un mínimo de entre **1,344,888.00 litros de aguas grises al año** (Volumen de aguas grises mensuales por 12 meses:  $112,074 \times 12 = 1,344,888$ ), lo cual representaría un aporte sustancial y significativo a la **sustentabilidad hídrica** de la zona donde se encuentre la edificación.

**Figura 6.2** Volumen total de aguas grises generadas por día/mes/año

Zona de captación	Lt. generados al día	Lt. generados al mes	Lt. generados al año	% del total de aguas residuales
Regadera	166.35	4,990.50	59,886.00	36.12%
Lavamanos	56.00	1,680.00	20,160.00	12.16%
Área de lavado	124.58	3,737.40	44,848.80	27.06%
Tarja	26.65	799.50	9,594.00	5.78%
<b>Total</b>	<b>373.58</b>	<b>11,207.40</b>	<b>134,488.80</b>	<b>81.12%</b>



Nota: Figura de elaboración propia



Estrategias de tratamiento de aguas grises en vivienda vertical mediante la implementación de instalaciones especiales. Caso de estudio:  
**Zona Metropolitana de Guadalajara**



Una vez definidas la cantidad de aguas grises que se podrían llegar a estar captando y tratando al día se procedió a determinar los **usos y posibles zonas de implementación** dentro de la vivienda una vez que las aguas fueran sometidas a los procesos necesarios para su **potabilización**. Basándose en la información preliminar de los posibles sistemas de tratamiento que hay en el mercado y las **calidades** de agua que estas pueden llegar a alcanzar (se busca idealmente cumplir hasta la norma *NOM-127-SSA1-2021*) se pretende la reutilización en **TODAS** las zonas dentro de la vivienda, las cuales son: área de lavado, área de regadera, área de WC, área de lavamanos y área de tarja. Cabe aclarar que dicha decisión es **preliminar** y será corroborada y respaldada en el capítulo 07 “Sistemas de tratamiento de aguas grises en el mercado” ya que su implementación estará completamente **condicionada** de la **calidad de agua** que los sistemas en el mercado puedan ofrecer. Por último, una vez definidas estas áreas y contando ya con las cifras de consumo de agua de primer uso requeridas se procedió a hacer un **estimado** de demanda que estas zonas estarán requiriendo a lo largo del año, obteniendo así que las **necesidades hídricas** de las zonas a implementar demandan un promedio mínimo de **4,605 lt de agua al día**, un mínimo de **138,150 lt de agua al mes** y un total de **1,657,800 lt de agua al año** (Ver Figura 6.03). Tomando en cuenta la capacidad de aguas grises que se podrían tratar se podría establecer de manera preliminar que el sistema de tratamiento podría abarcar un **82% de la demanda total** de las zonas a implementar, considerando así **“Viable”** desde el punto de vista costo/beneficio la implementación de un sistema de tratamiento.

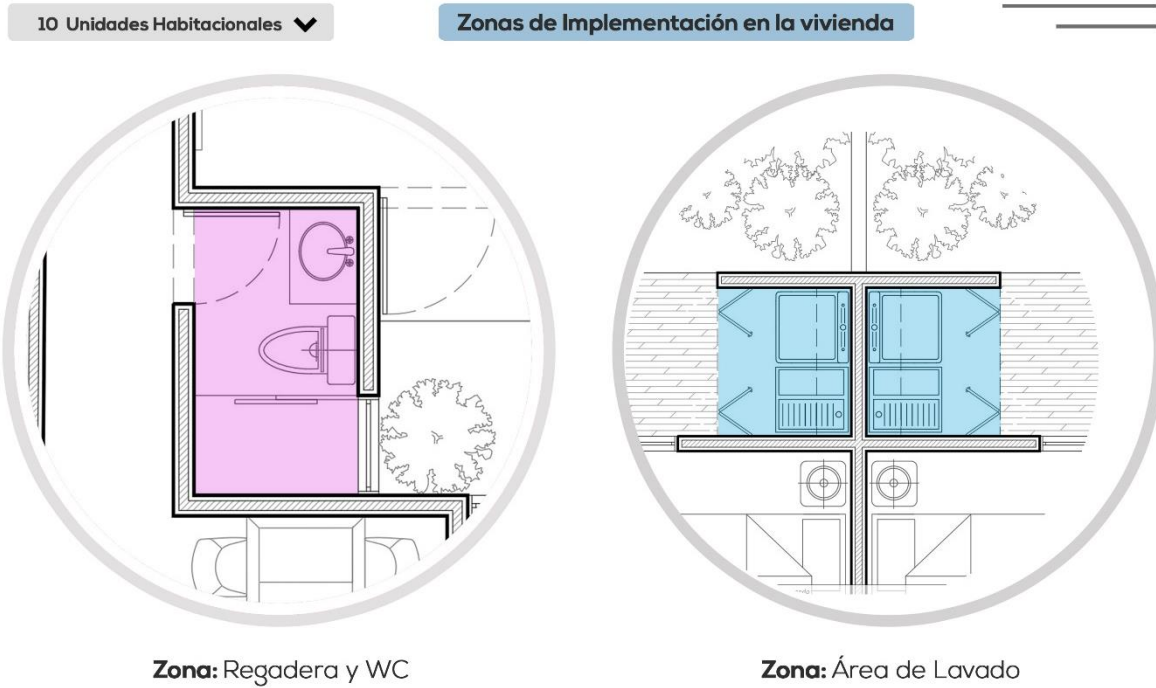
**Tabla 6.1** Volumen total de aguas de primer uso requeridas en las zonas seleccionadas para implementación.

<b><u>Zona de captación</u></b>	<b><u>Lt. requeridos al día</u></b>	<b><u>Lt. requeridos al mes</u></b>	<b><u>Lt. requeridos al año</u></b>
Regadera	166.35	4,990.50	59,886.00
Lavamanos	56.00	1,680.00	20,160.00
Área de lavado	124.58	3,737.40	44,848.80
Tarja	26.65	799.50	9,594.00
WC	86.92	2,607.60	31,291.20
<b>Total por vivienda</b>	<b>460.50</b>	<b>13,815.00</b>	<b>165,780.00</b>
<b>Total por torre</b>	<b>4,605.00</b>	<b>138,150.00</b>	<b>1,657,800.00</b>

Nota: Figura de elaboración propia



Figura 6.3 Zonas de implementación en la vivienda



Nota: Figura de elaboración propia

### 6.3 Composición química de las aguas grises generadas en caso de estudio

Por último, para dar término a este capítulo y una vez finalizadas las etapas metodológicas 01,02,03,04 y 05 se procedió a llevar a cabo un **muestreo químico** de 02 de las viviendas analizadas con la finalidad de poder someterlas a **pruebas de laboratorio** y poder determinar su composición física, química, organoléptica y radioactiva y establecer de manera **preliminar** si éstas cumplen con los requerimientos mínimos para ser consideradas **viables** para su tratamiento y reutilización dentro de la vivienda. Para ello se les indicó a las viviendas seleccionadas y que accedieron a realizar las actividades y dinámicas necesarias para la recolección de las muestras que nos indicaran el día que se podía acudir al domicilio para primeramente **desinstalar los medidores de caudal** instalados y dejar las instalaciones exactamente igual a como fueron recibidas, cerciorando que estas funcionaran de manera normal y correcta para posteriormente solicitar a todos los integrantes de la vivienda la **realización** de sus actividades cotidianas dentro de las zonas húmedas analizadas pero con

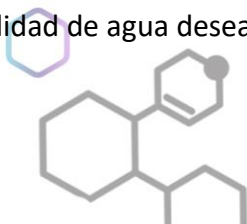




la diferencia de que se solicitó la instalación de botes o charolas para la **captación** de las aguas residuales resultantes con la finalidad de poder obtener de manera simple la cantidad de agua residual necesaria (200 ml) para la integración del **muestreo final** que sería llevado a los laboratorios del ITESO. Una vez recabadas todas y cada una de las muestras se integraron para conformar el **mix** necesario y que se asemeja lo más posible al agua con las características reales que se estarán captando y tratando en el sistema de tratamiento. Entre los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio como se muestra en la Figura 6.1 podemos encontrar que el agua gris analizada **SI cumplió** con todos los requerimientos mínimos necesarios para su tratamiento y reutilización dentro de la vivienda a excepción del indicador de la **“Turbidez (NTU)”** esto debido a que según la **NOM-127-SSA1-2021** establece un límite máximo de **5.00 NTU** y la muestra analizada alcanzo un valor de **120±0.1**, es importante señalar que a turbidez no se refiere directamente a la contaminación química, sino a la presencia de partículas que afectan la transparencia del agua. Los otros indicadores analizados fueron los siguientes:

- pH (adimensional)
- Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
- Sólidos disueltos totales (mg/L)
- Sólidos totales (% peso)
- Cloro total (ppm)
- Cloro libre (ppm)
- Dureza total como  $\text{CaCO}_3$ (ppm)
- Alcalinidad total
- Nitratos (ppm)
- Nitritos

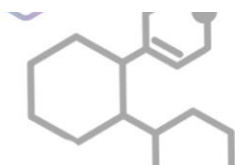
Con base a dichos resultados y como parte del reporte final emitido por parte del laboratorio se pudo afirmar de manera respaldada que las **aguas grises** que se estarán recolectando tiene **altas posibilidades** de ser suministradas a un sistema de tratamiento. Como paso **complementario** en el siguiente capítulo se estará **comparando** los resultados de laboratorio con los **requerimientos mínimos** de los sistemas de tratamiento que hay en el mercado con la finalidad de verificar la compatibilidad entre estos para asegurar el éxito de la calidad de agua deseada para el presente trabajo de investigación.



**Tabla 6.2** Resultados de laboratorio de las muestras analizadas

Parámetro y unidades	Método				Interpretación
	A1-1	A1-2	A2-1	A2-2	
pH (adimensional)	7.6	7.5	7.3	7.3	Potenciométrico, previa calibración con estándares de pH =4.0 y pH = 7.0. Promedio de dos mediciones.
Conductividad (µS/cm)	27±2	27±2	65±2	63±2	Conductimétrico, previa calibración con estándar de NaCl de 1000 µS/cm. Por duplicado.
Sólidos disueltos totales (mg/L)	197±1	198±1	471±1	462±1	Conductimétrico, calculado a partir de la conductividad. Por duplicado.
Sólidos totales (% peso)	0.39	0.35	0.94	0.87	NMX-AA-034-SCFI-2015 Gravimétrico, 2 horas a 105±2°C. Por duplicado.
Turbidez (NTU)	1.3±0.1	1.6±0.1	121±0.1	120±0.1	Nefelométrico, previa calibración con estándar de formazina 10 NTU. Por duplicado.
Cloro total (ppm)	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	Tiras reactivas "Water Quality Test Strips for 5-in-1"
Cloro libre (ppm)	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	Tiras reactivas "Water Quality Test Strips for 5-in-1"
Dureza total CaCO <sub>3</sub> (ppm)	120	120	120	120	Tiras reactivas "Water Quality Test Strips for 5-in-1"
Alcalinidad total	>240	>240	>240	>240	Tiras reactivas "Water Quality Test Strips for 5-in-1"
Nitratos (ppm)	0	1	0	2	Tiras reactivas "Water Quality Test Strips for Nitrate and Nitrite"
Nitritos	0	0.15	0	0.15	Tiras reactivas "Water Quality Test Strips for Nitrate and Nitrite"

Nota: Figura de elaboración propia/resultados con base a la NOM-127-SSA1-1994





## 6.4 Conclusiones

Para dar termino al presente capítulo podemos concluir que si bien la captación de las aguas grises dentro de la vivienda es la parte **central** de este TOG hay varios factores y condicionantes importantes a tomar en cuenta, como lo es el **porcentaje de pérdida** por evaporación que para efectos prácticos y con asesoramiento de expertos en el tema se acordó establecerlo de **15%**. Del resto de aguas residuales que si logran ingresar a las instalaciones se determinó que una vivienda puede llegar a generar un promedio mínimo de **4,605 litros de aguas residuales por día**, este valor se ve reducido al momento de hacer una diferenciación de aguas grises registrando que se pueden llegar a generar un mínimo de **3,735.80 litros de aguas grises por día**, por último se **estimó** que en base al tipo de edificación que va dirigido (10 unidades habitacionales) se podrían llegar a tratar un mínimo de **1,344,888 litros de aguas grises al año**.

Cabe destacar que estos valores son **susceptibles** a modificaciones por una serie de factores como lo es: número de integrantes, hábitos de consumo de agua, perfiles de usuario, ubicación geográfica entre otros, sin embargo, los valores proporcionados son datos de partida que se pueden considerar como **“valores mínimos”** para la realización de cálculos hídricos. Por otro lado, una vez establecidos estos valores es de **vital importancia** comenzar con prácticas ecológicas y sustentables en materia del cuidado y preservación del agua potable siendo el tratamiento de aguas grises dentro de la vivienda uno de los **mejores ejemplos** de estrategias a implementar, ya que derivado de los resultados obtenidos del monitoreo continuo de las zonas húmedas seleccionadas encontramos que se pueden llegar a captar, tratar y reutilizar hasta un **81.12%** (1,344,888litros de aguas grises al año) del total de las aguas residuales que se producen dentro de la vivienda como resultado de las actividades cotidianas. El tratamiento de esos volúmenes de aguas grises representaría una importante **retribución** de la edificación al medio ambiente de la **huella hídrica** que su emplazamiento ocasiona a la flora, fauna y mantos acuíferos circundantes del lugar, **concluyendo** así que la implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises en una edificación vertical está completamente **justificado y respaldado**.

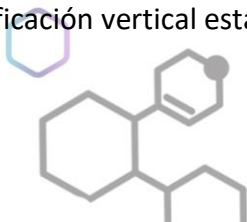


Figura 6.4 Resumen de aguas grises captadas y tratadas dentro de una edificación de 10 unidades



Nota: Figura de elaboración propia

Las volumetrías registradas en el gasto de agua potable de estas zonas demandan un total de **1,657,800 lt de agua al año**. Tomando en cuenta la capacidad de aguas grises que se podrían tratar se podría establecer de manera preliminar que el sistema de tratamiento podría abarcar un **81.12% de la demanda total** de las zonas a implementar, considerando así **“Viable”** desde el punto de vista costo/beneficio la implementación de un sistema de tratamiento. Cabe destacar que la implementación de las aguas grises tratadas **NO** tiene como finalidad el **consumo/ingesta** sin embargo si se encontrara en contacto directo con el cuerpo humano, por lo tanto, la selección de un sistema de tratamiento que oferte una calidad de agua que cumpla hasta la **NOM-127-SSA1-2021** será indispensable para este fin ya que en esta se establecen los requerimientos mínimos que el agua debe de tener para no comprometer la salud de los usuarios. Con la finalidad de conseguir la mayor **compatibilidad y viabilidad** de la norma anteriormente mencionado se sometieron los muestreos obtenidos de las zonas de análisis de 3 viviendas seleccionadas dando convenientemente **positivo** al cumplimiento de **9/10** de los indicadores a los que dieron sometidos, el indicador de turbidez fue el único negativo, lo cual según expertos en la materia **NO** es un indicador **grave** puesto que la mayoría de los sistemas de tratamiento en el mercado pueden diluir dicha problemática, por lo tanto y **respaldados** por los resultados de laboratorio obtenidos podemos dar **luz verde** a la captación y tratamiento de las zonas seleccionadas dentro de la vivienda para su reutilización dentro de la edificación.





07

# Sistemas de tratamiento de aguas grises en el mercado

(Resultados)



Alumno: Arq. Quezada Limón Luis Francisco. Asesor: Dr. Flores Elizondo Rodrigo. Agosto 2024



## 7.1 Introducción

El tratamiento **adecuado** de aguas grises elimina los **contaminantes** y **patógenos** presentes en el agua residual, **reduciendo** así el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua. Esto es crucial para proteger la **salud** de los usuarios y prevenir brotes de enfermedades infecciosas. Una vez detectado y cuantificado la problemática de los consumos de agua potable dentro de la vivienda fue importante estructurar las posibles **alternativas** y **soluciones** para **reducir el gasto** diario, mensual y anual del agua de primer uso en las actividades cotidianas de los usuarios.

Si bien, la concientización y reducción por voluntad propia de los usuarios sería la **solución ideal** en el imaginario no lo es en la vida real debido a que estos cambios sociales son resultados de **procesos** (largos) que involucran una serie de factores y actores **trabajando juntos** entre sí para lograr este resultado, por lo tanto se optó por una opción más **tangible** y **ejecutable** como lo es la implementación de sistemas de tratamiento de aguas grises, las cuales consisten en infraestructuras y procesos diseñados para purificar y limpiar el agua contaminada, haciéndola segura y apta para diversos usos. Para esto fue necesario realizar trabajo de gabinete mediante un **análisis de mercado** para poder identificar la **diversidad de opciones** y **tecnologías** presentes actualmente y poder hacer una comparativa entre estas con la finalidad de seleccionar la que más se adapte a las necesidades del proyecto, siempre teniendo como prioridad la **Calidad/Precio** con la finalidad de poder ofrecer una alternativa **asequible** al público que va dirigido sin comprometer la salud de estos con agua de mala calidad. Por lo tanto, una **correcta selección** e implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises será fundamental al momento de hablar de estrategias para la **resiliencia hídrica** habitacional.

Por lo tanto, el tratamiento de aguas residuales es **esencial** para proteger la salud de los usuarios, conservar los recursos hídricos, proteger el medio ambiente, cumplir con regulaciones ambientales y promover el **desarrollo sostenible**. Los resultados de la investigación de mercado fueron los siguientes:





## 7.2 Análisis de mercado de sistemas de tratamiento de aguas grises

La finalidad de un sistema de tratamiento de aguas grises es **fomentar** un uso **adecuado y racional** del agua potable para lograr una **gestión correcta** e integral de este recurso. Actualmente y con la creciente demanda de alternativas para la reducción del consumo de agua potable tanto a nivel urbano como a nivel habitacional científicos, químicos, ingenieros, investigadores y todas aquellas profesiones que se encentren dentro del campo semántico relacionado a la **sustentabilidad hídrica** han **desarrollado** una serie de **productos y servicios** que apoyados con los grandes avances tecnológicos y un mayor acceso a la información han logrado desarrollar y proponer **sistemas de tratamiento** desde los más **básicos** como lo son sistemas de filtrado a base de materiales granulométricos que se ven limitados a ofrecer aguas tratadas de **baja calidad** hasta sistemas de tratamientos más **complejos** o mixtos como por ejemplo los de lodos activados, osmosis inversa entre otros que pueden llegar a ofrecer aguas tratadas **aptas para contacto directo y consumo humano**. Cabe destacar que lo anteriormente mencionado se encuentra ligado y condicionado al **factor económico** debido que por lo general los sistemas de tratamiento que ofrecen las calidades de potabilización más altas tienden a ser también de los **más costosos**.

Por lo tanto, la finalidad de este capítulo es adentrarse en el mundo de **posibilidades** que actualmente y gracias a los avances en cuestión de comunicación digital tanto de servicios como de proveedores y empresas dedicadas al tratamiento de aguas grises podemos encontrar y acceder de manera nacional e incluso internacional. Se evidencio que, **Si hay suficiente oferta en el mercado** de este tipo de sistemas, lo que **NO** hay es una verdadera **intención** de empresas constructoras, desarrolladoras e inmobiliarias de **implementarlos**. Cabe destacar el aumento notorio en los casos de desarrollos verticales que están implementando **ecotecnologías** en sus prototipos de distinta índole desde eficiencia energética, control y gestión de residuos e incluso los de tratamiento de aguas residuales, esto se cree se está llevando a cabo debido a que le otorgan cierta **plusvalía y reconocimiento** tanto a la empresa como al inmueble volviendo su **valor en el mercado más alto** y atrayendo así más clientes potenciales. Esto también alimentado por la moda “Greenpeace” y la incursión en lo **ecológico y sustentable** que desde varios años atrás viene cobrando terreno y al nivel de concientización que se ha estado introduciendo de manera gradual a la población generando así una preocupación por **mitigar** los estragos de nuestra contaminación al planeta.





Por lo tanto y con la finalidad de poder seleccionar el sistema de tratamiento de aguas grises que mejor se **adapte** a las **necesidades** del proyecto se generó una **matriz de selección** con una serie de **indicadores** que en conjunto mostraban una radiografía general de las características del sistema, permitiendo así poder realizar un análisis de **FODA** rápido y preciso que facilitó la toma de decisiones al momento de indicar cuál de ellos se consideraba el **más viable** y conveniente a implementar. Dichos indicadores por su origen e implicaciones se dividieron en 5 grandes bloques los cuales fueron los siguientes:

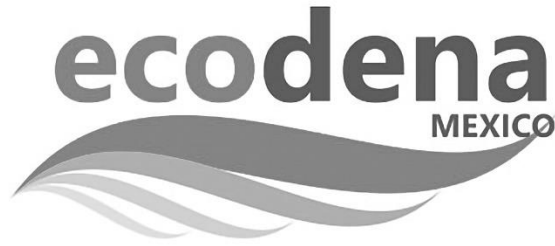
- Perfil empresarial
- Indicador económico
- Características del sistema de tratamiento
- Calidad de agua ofertada
- Características sustentables de fabricación e instalación

Una vez establecidos los indicadores a analizar se comenzó con la **búsqueda digital** de las **empresas** proveedoras de estos servicios, cabe señalar que desde la búsqueda inicial se limitó a considerar solo las opciones **nacionales**, esto con la finalidad de **evitar** importaciones internacionales que **complicarían** de manera significativa la aplicación de garantías, los servicios de mantenimiento, capacitaciones, obtención de refacciones entre otras sin contar que la **huella ecológica** del sistema aumentaría por los costes ambientales de **traslado**. Una vez **reducido el radio de búsqueda** de igual manera se priorizaron las empresas **estatales** por las mismas posibles complicaciones que en el caso de las empresas internacionales, aunque a menor escala. Seguido de esto y con base a la lista generada de posibles empresas candidatas se comenzó a contactar **vía telefónica** a cada una de ellas con la finalidad de ver que tanta información de los 5 bloques diseñados se podría obtener. La finalidad de este ejercicio fue obtener las **05 empresas más competitivas** y con la mayor cantidad de información de su sistema de tratamiento de aguas residuales/grises brindada, obteniendo así que las empresas finalistas para su análisis comparativo fueron las siguientes: Grupo Zeolitas, Grupo Ecodena, Grupo Aclara, Grupo Asajet y finalmente la empresa Water tarjet. A continuación, se muestran sus respectivos logos empresariales:





Figura 7.1 Empresas seleccionadas para análisis de indicadores



Nota: Figura de elaboración propia





Una vez seleccionadas las empresas finalistas se sometieron una por una a la matriz de selección previamente diseñada, para esto se comenzó con un **contacto inicial vía telefónica** con los asesores de atención al cliente, se les explicó la dinámica del presente trabajo de investigación y la finalidad del mismo. Cabe señalar que la respuesta por parte de las empresas no fue **positiva ni inmediata**, esto debido a que al no ser **“clientes potenciales”** y ser **“actores de investigación”** no se podría brindar información abiertamente por correr el riesgo de **“plagio”** de la patente de sus sistemas de tratamiento, lo cual fue completamente comprensible y expresamos estar **completamente de acuerdo** en su proceder y nos pusimos en toda disposición de presentar la documentación necesaria con su membrete institucional correspondiente para dar **validez** de nuestra procedencia.

Los periodos de espera para la respuesta a la entrevista fueron **prolongados**, entre **15 a 22 días hábiles**. Una vez aceptadas las entrevistas algunas empresas prefieren dejar en claro que la información proporcionada **NO** podía ser utilizada con  **fines lucrativos**, también se **penalizaba** la copia o plagio de todo lo comentado durante la entrevista y/o aplicado a proyectos similares y que **NO** se podría dar detalles técnicos, científicos o específicos de las ingenierías ni tecnologías que implementaban en sus sistemas de tratamiento por cuestiones de patentes y **derechos de autor**, a lo cual una vez más expresamos nuestra postura de estar en un total acuerdo. Es importante señalar que como último requisito algunas empresas solicitaron el formulario previo a la entrevista con la finalidad de poderlo **revisar, validar y aprobar** por las áreas correspondientes dentro de la empresa. Una vez estando ambas partes conformes con los términos se procedieron a llevar a cabo todas y cada una de las entrevistas pactadas en sus fechas correspondientes, terminando todas y cada una de estas de manera **óptima y satisfactoria**. Una vez finalizada la etapa de las entrevistas se procedió con el vaciado y procesamiento de datos con la finalidad de poder identificar el **porcentual de compatibilidad** de las características de los sistemas propuestos con los resultados obtenidos del presente trabajo de investigación. Como resultado de lo anterior obtuvimos que la empresa **mejor rankeada** y con el sistema de tratamiento más **compatible** fue la empresa **“Asajet”** con un **91.75% de compatibilidad** con el proyecto, los porcentuales las demás empresas fueron los siguientes:

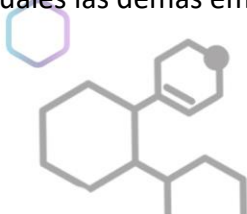
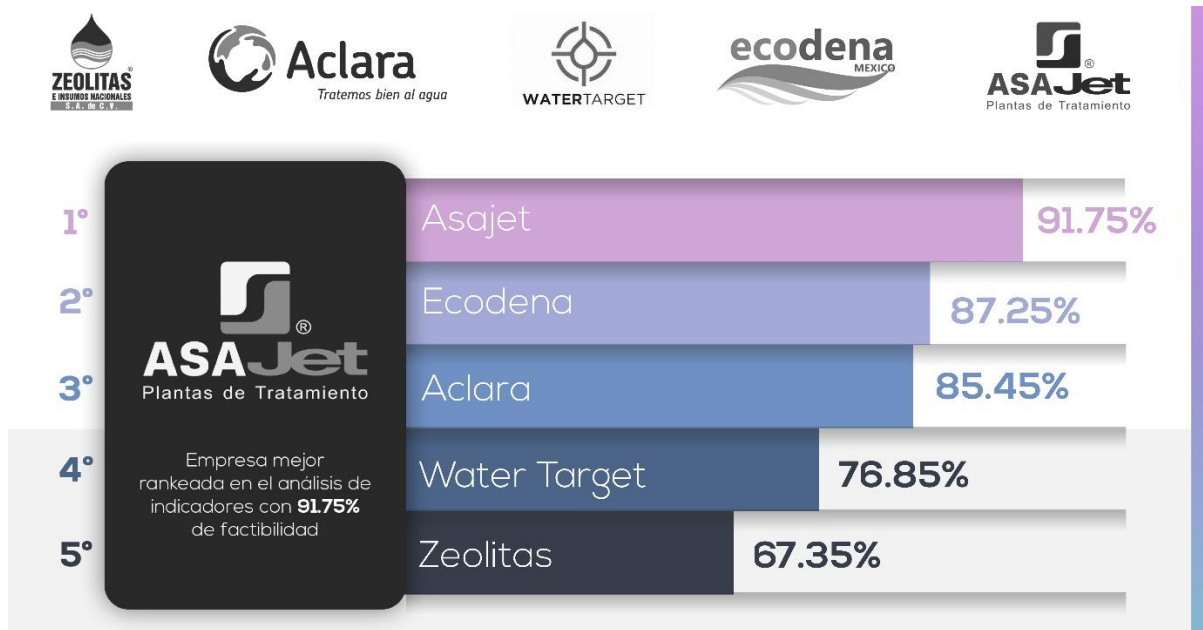


Figura 7.2 Ranking de compatibilidad de las empresas analizadas



Nota: Figura de elaboración propia

Entre las **principales cualidades** que le otorgaron esta posición al sistema de tratamiento de la empresa Asajet fueron los siguientes:

- Jet ha ofrecido un servicio fiable de tratamiento de aguas residuales para el hogar desde 1955.
- Ideal para hogares y edificios pequeños.
- Elimina la necesidad de un anticuado tanque séptico y todos los problemas que causa, incluyendo olores y lodos.
- La planta de tratamiento residencial incrementa el valor de su propiedad.
- Su efluente altamente tratado puede eliminar cualquier necesidad de campos de oxidación y filtros.
- El tanque de tres compartimentos, es prefabricado de concreto armado.
- Posee un área superior a los 502 pies cuadrados para que los microorganismos beneficiosos formen una biomasa que mejora la filtración y la degradación biológica.
- Exclusivo panel de control automático que maneja eficientemente el tratamiento.
- Alta calidad, confiabilidad y larga vida útil.



- La planta de tratamiento residencial, se vende y tiene el respaldo del equipo de distribuidores capacitados en la fábrica y con licencia local.
- La garantía y su política de servicio son los mejores de la industria: cada aireador de la serie 700 de Jet incluye una garantía limitada por 30 meses, y cuando se acaba la garantía, entra en vigor inmediatamente un programa de intercambio de por vida.
- El distribuidor local incluye una póliza de inspección y servicios para los primeros dos años de operaciones para cada sistema de planta residencial instalado.
- Las aguas grises domésticas, incluidas las aguas sanitarias son convertidas en un líquido claro sin olores en solo 24 hrs.

Aunado a lo anterior mencionado el sistema de tratamiento que maneja esta empresa nos ofrece otras cualidades como lo es su **ubicación**, debido a que su matriz se encuentra establecida en jalisco, por lo tanto, las **complicaciones** relacionadas con temas de importación **quedan fuera** incluyendo los temas de contaminación ambiental por cuestiones de largos trayectos de traslado. Por otro lado, la empresa además de estar legal y formalmente establecida cuenta con una serie de **certificaciones** a nivel internacional por la NSF (National Sanitation Foundation), sin contar que han instalado más de **1,800** plantas de tratamiento en toda la república, en **31 años** de presencia en México. Otro indicador que le otorgó varios puntos dentro de la matriz de selección fue el hecho de su **compromiso y responsabilidad ecológica y sustentable** de la empresa, debido a que Implementan programas de **reciclaje** en los procesos de fabricación, **generan** in situ el 100% de energía limpia que se utiliza para la fabricación de las plantas con tecnología de nulo impacto al medio ambiente y el hecho de que **NO utilizan** productos químicos nocivos para la salud humana y el medio ambiente. Por lo tanto y con base a las **características sustentables** reportadas tanto de la empresa como del sistema de tratamiento y en función a la naturaleza del presente trabajo de investigación se le dio **prioridad** y un mayor puntaje al sistema de tratamiento ofertado por la empresa Asajet.

Entrando en **especificaciones técnicas** del sistema de tratamiento seleccionado podemos señalar como sus puntos más fuertes la tecnología empleada en sus procesos, debido a que la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) propuesta utiliza el proceso biológico





de **lodos activados** en la modalidad de **aireación extendida** y su proceso constructivo es con **módulos prefabricados** de concreto armado ( $f'c=250\text{Kg/cm}^2$ ), la cual tiene las siguientes ventajas:

- Rápida instalación por contar siempre con piezas prefabricadas en bodega.
- Concepto modular que permite ampliaciones a futuro.
- Bajo costo de operación.
- Bajo consumo de energía.
- Baja producción de lodos.
- Alta estabilidad en el sistema.
- Fácil operación.
- Seguridad total durante su operación.
- Ausencia de olores desagradables.
- Área pequeña para su instalación.

Aunado a esto podemos encontrar que esta **planta paquete**, es totalmente automática sin componentes electrónicos complejos, sin filtros que cambiar y diseñada para manejar **TODOS** los desechos de una casa y que, en sólo **24 horas**, convierte las aguas residuales domésticas en un líquido claro, sin olores y ambientalmente amigable. El modelo correspondiente para el tratamiento de aguas domesticas de 10 unidades como el prototipo que se pretende implementar corresponde al **PTAR ASA-JET Serie 3000**, con una capacidad de **2,500 galones por día** y el cual tiene un costo de **\$443,437.50 MNX**. Así mismo es importante señalar que la calidad de agua ofertada por este tipo de sistema de tratamiento corresponde hasta la **NOM-003-SEMARNAT-1997**, la cual **NO PERMITE** el uso y contacto directo con los usuarios que es la finalidad que se está pretendiendo. La matriz de selección de la empresa seleccionada es la siguiente:



**Tabla 7.1** Matriz de selección en su apartado "Perfil empresarial"

<u>Perfil Empresarial</u>	
Indicador analizado	Características reportadas
Nombre de la empresa	Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ASAJET,
Ubicación de la empresa	Belisario Domínguez 1551, Mariano Otero, 45067 Zapopan, Jal.
Importación	No requerida
Certificaciones y premios	Las plantas de tratamiento ASAJET, están certificadas a nivel internacional por la NSF (National Sanitation Foundation). A partir de septiembre 2016 formalizamos el apoyo, respeto y difusión de los 10 principios del Pacto de la Organización de las Naciones Unidas.
Años en el mercado	31 años de presencia en México.
Historial de venta	Se han instalado más de 1,800 plantas de tratamiento en toda la república mexicana

Nota: Tabla de elaboración propia

**Tabla 7.2** Matriz de selección en su apartado "Perfil económico"

<u>Indicador económico</u>	
Indicador analizado	Características reportadas
Costo Total	\$443,437.50
Costo Diluido	\$44,343.50 por unidad habitacional
Retorno de inversión	El reúso del agua genera un ahorro importante que permite recuperar rápidamente la inversión en los primeros años dependiendo de los índices de consumo y la tarifa que se esté pagando al momento de contratar el servicio, además de los múltiples beneficios ambientales. 100% amortizable en el primer año (LISR Art. 41 Frac. XIV) (SAT). Ahorros por descuentos otorgados de CONAGUA en el agua potable (Art. 282 C Ley Federal de Derechos en Materia de Agua).
Planes de financiamiento	No
Mantenimiento (Costo)	La ingeniería del diseño se optimiza para asegurarle al propietario un bajo costo en la operación y mantenimiento de las Plantas de Tratamiento de aguas residuales ASAJET.

Nota: Tabla de elaboración propia. Información brindada por la empresa.



**Tabla 7.3** Matriz de selección en su apartado “características sustentables de fabricación e instalación”

**Características sustentables de fabricación e instalación**

Indicador analizado	Características reportadas
Implementación de químicos nocivos	Las plantas de tratamiento a ASAJET, no utilizan productos químicos, su proceso de tratamiento biológico es natural, es el mismo proceso que han usado los ríos a través de la historia para depurar las aguas residuales de las comunidades asentadas en sus márgenes.
Tipo de energía empleada	Eléctrica, los equipos de bombeo por su bajo caballaje reducen al máximo el consumo de energía eléctrica.
Residuos resultantes recurrentes	1 costal cada dos meses y se usan como abono de suelo o se contrata empresa para recolección
Control de olores en el sistema	Las Plantas de tratamiento ASAJET no generan malos olores, ni ruidos, debido a la presencia del lodo activado desde el inicio del proceso y al uso de unidades de aireación con alojamiento acústico.

Nota: Tabla de elaboración propia

**Tabla 7.4** Matriz de selección en su apartado “Calidad del agua resultante”

**Calidad del agua resultante**

Indicador analizado	Características reportadas
Calidad de agua obtenida	Para uso exclusivo de riego y suministro en sanitarios
Normativa aplicada	NOM--003--SEMARNAT--1997
Muestreos cíclicos de calidad de agua	Su distribuidor local incluye una póliza de inspección y servicios para los primeros dos años de operaciones para cada sistema de planta residencial instalado.
Responsabilidad y seguros	Si el cliente decide asignarnos la operación, ASAJET asume la responsabilidad total de mantener la calidad del agua tratada ante el cliente y autoridades
Con contacto directo	Sin contacto directo con los usuarios

Nota: Tabla de elaboración propia





**Tabla 7.5** Matriz de selección en su apartado “características del sistema de tratamiento”

<u>Características del sistema de tratamiento</u>	
Indicador analizado	Características reportadas
Tipo de sistema	Emplea nuestro proceso patentado de Tratamiento acelerado biológicamente que suministra oxígeno a los microorganismos que se encuentran naturalmente en aguas residuales. Estos microorganismos se unen a Jet BAT® Process Media, formando una «biomasa» lista para tratar las aguas residuales con eficacia y rapidez.
Nivel de complejidad del sistema	Fácil utilización. Esta planta paquete, es totalmente automática sin componentes electrónicos complejos, sin filtros que cambiar y diseñada para manejar todos los desechos de una casa, en la entrega de la planta dictamos un curso teórico y práctico de operadores y administradores en labores de Operación, Supervisión y Mantenimiento.
Ciclo de vida	60 años de los cuales a los 20 años posee un fin de ciclo de vida correspondiente a los componentes electromecánicos que tienen que ser reemplazados.
Garantía	Garantía de 2 años por parte de ASAJET en todo el sistema, equipo electromecánico y módulos de concreto. La garantía de Jet y su política de servicio son los mejores de la industria: cada aireador de la serie 700 de Jet incluye una garantía limitada por 30 meses, y cuando se acaba la garantía, entra en vigor inmediatamente un programa de intercambio de por vida.
Mantenimiento (Tiempo)	Bajo. Esta planta paquete, es totalmente automática sin componentes electrónicos complejos, sin filtros que cambiar y diseñada para manejar todos los desechos de una casa.
Capacidad/rendimiento	2,500 GPD (galones por día)
Requerimientos mínimos del agua	No, ya que el sistema posee alta flexibilidad y tolerancia a los residuos provenientes de las actividades humanas correspondientes a las actividades típicas del hogar.
Carga orgánica soportada	Sin restricciones
Plan de contingencia	No ya que el sistema no es afectado por la intrusión cargas químicas u orgánicas de ningún tipo.
Requerimientos mínimos espaciales	24.95 m <sup>2</sup> (6.5X4.0X2.5, largo, ancho y fondo)

Nota: Tabla de elaboración propia

Cabe señalar que los resultados obtenidos en cuestiones de calidad de agua **NO** fueron los esperados ni los requeridos para las actividades anteriormente señaladas, esto debido a que se pretende lograr una calidad de agua apta para **contacto directo** con el usuario, la cual corresponde a la **NOM-127-SSA1-2021**. Por lo tanto y en asesoría con el área técnica de la empresa del sistema de lodos activados se nos sugirió buscar un sistema de “**Purificación intensivo**” con la finalidad de **complementar** al sistema anteriormente mencionado y poder obtener un agua con la calidad óptima para poder reutilizar las aguas tratadas en actividades de limpieza, en el WC, para actividades de aseo en lavamanos y dentro de la regadera y para actividades de aseo en la tarja.





### 7.3 Análisis de mercado de sistemas de purificación

Como se mencionó en el apartado anterior la **limitada calidad** de agua ofertada por los sistemas de tratamiento de aguas grises llevo a la necesidad de buscar una **alternativa complementaria** al sistema de tratamiento seleccionado por lo tanto y con la finalidad de poder seleccionar el sistema de purificación que permita alcanzar los niveles de calidad deseados para poder reutilizarlos en las zonas de la vivienda seleccionados se volvió a implementar la **matriz de selección** con la que fueron analizados los sistemas de tratamiento en el apartado anterior con los mismos **indicadores** que en conjunto mostraban una radiografía general de las características del sistema.

Al igual que con los sistemas de tratamiento de aguas grises se inició con la **búsqueda digital** de las **empresas** con la tecnología necesaria para complementar el sistema de tratamiento primario y poder obtener agua para contacto directo con los usuarios, cabe señalar que desde la búsqueda inicial se limitó a considerar solo las opciones **nacionales**, esto con la finalidad de **evitar** importaciones internacionales que **complicarían** de manera significativa la aplicación de garantías, los servicios de mantenimiento, capacitaciones, obtención de refacciones entre otras sin contar que la **huella ecológica** del sistema aumentaría por los costes ambientales de **traslado**. Una vez **reducido el radio de búsqueda** de igual manera se priorizo las empresas **estatales** por las mismas posibles complicaciones que en el caso de las empresas internacionales, aunque a menor escala. Seguido de esto y con base a la lista generada de posibles empresas candidatas se comenzó a contactar **vía telefónica** a cada una de ellas con la finalidad de ver que tanta información de los 5 bloques diseñados se podría obtener. La finalidad de este ejercicio fue obtener las **05 empresas más competitivas** y con la mayor cantidad de información de su sistema de purificación, obteniendo así que las empresas finalistas para su análisis comparativo fueron las siguientes: Grupo Instapura, Grupo Somos Pura, Grupo Puritronic, Grupo Pure Water Technology y finalmente la empresa Water Agua Optima. A continuación, se muestran sus respectivos logos empresariales:



Figura 7.3 Empresas seleccionadas para análisis de indicadores

**Instapura**<sup>®</sup>  
Pureza al instante.

**PURITRONIC**<sup>MR</sup>

**pura**  
SOMOS AGUA

**PWT**  PURE WATER  
TECHNOLOGY<sup>®</sup>  
SAPI DE CV

 **Agua Óptima**<sup>®</sup>

Nota: Figura de elaboración propia





Una vez seleccionadas las empresas finalistas se sometieron una por una a la matriz de selección previamente diseñada, para esto se comenzó con un **contacto inicial vía telefónica** con los asesores de atención al cliente, se les explico la dinámica del presente trabajo de investigación y la finalidad del mismo. Cabe señalar que la respuesta por parte de las empresas no fue **positiva ni inmediata**, esto debido a que al no ser **“clientes potenciales”** y ser **“actores de investigación”** no se no podría brindar información abiertamente por correr el riesgo de **“plagio”** de la patente de sus sistemas de tratamiento, lo cual fue completamente comprensible y expresamos estar **completamente de acuerdo** en su proceder y nos pusimos en toda disposición de presentar la documentación necesaria con su membrete institucional correspondiente para dar **validez** de nuestra procedencia.

Los periodos de espera para la respuesta a la entrevista fueron **prolongados**, entre **15 a 22 días hábiles**. Una vez aceptadas las entrevistas algunas empresas prefieren dejar en claro que la información proporcionada **NO** podía ser utilizada con  **fines lucrativos**, también se **penalizaba** la copia o plagio de todo lo comentado durante la entrevista y/o aplicado a proyectos similares y que **NO** se podría dar detalles técnicos, científicos o específicos de las ingenierías ni tecnologías que implementaban en sus sistemas de tratamiento por cuestiones de patentes y **derechos de autor**, a lo cual una vez más expresamos nuestra postura de estar en un total acuerdo. Es importante señalar que como último requisito algunas empresas solicitaron el formulario previo a la entrevista con la finalidad de poderlo **revisar, validar y aprobar** por las áreas correspondientes dentro de la empresa. Una vez estando ambas partes conformes con los términos se procedieron a llevar a cabo todas y cada una de las entrevistas pactadas en sus fechas correspondientes, terminando todas y cada una de estas de manera **óptima y satisfactoria**. Una vez finalizada la etapa de las entrevistas se procedió con el vaciado y procesamiento de datos con la finalidad de poder identificar el **porcentual de compatibilidad** de las características de los sistemas propuestos con los resultados obtenidos del presente trabajo de investigación. Como resultado de lo anterior obtuvimos que la empresa **mejor rankeada** y con el sistema de purificación más **compatible** fue la empresa **“Pure Water”** con un **100% de compatibilidad** con el proyecto, los porcentuales las demás empresas fueron los siguientes:

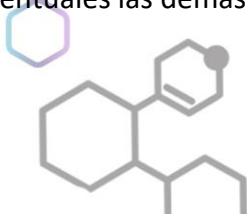
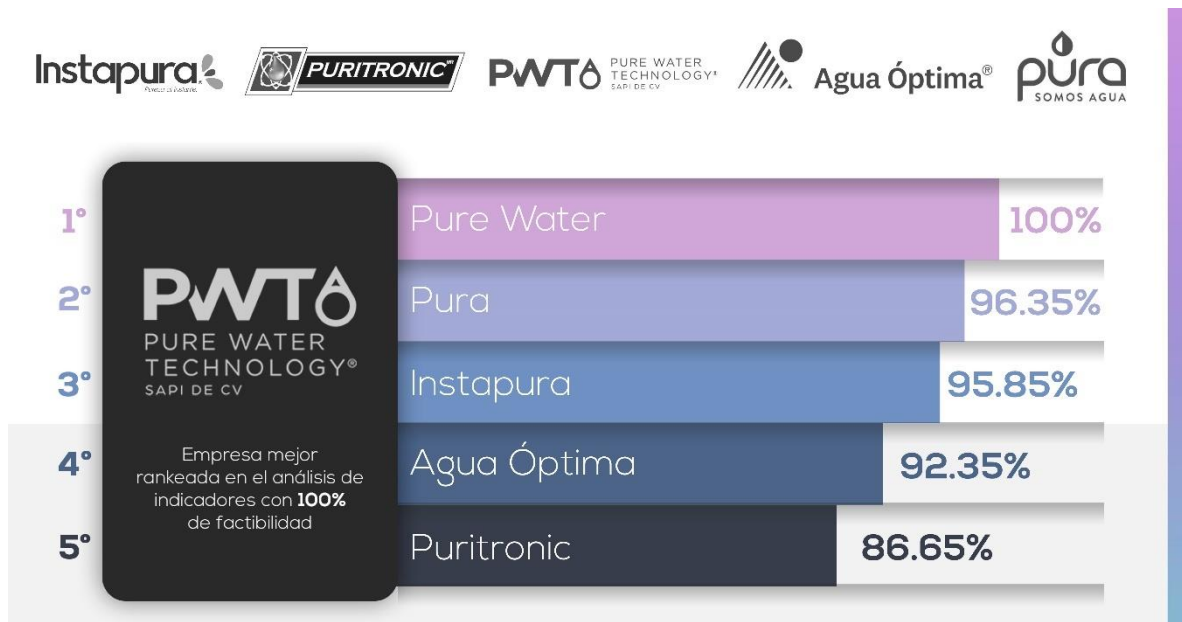


Figura 7.4 Ranking de compatibilidad de las empresas analizadas



Nota: Figura de elaboración propia

Entre las **principales cualidades** que le otorgaron esta posición al sistema de tratamiento de la empresa *Pure Water* fueron los siguientes:

- Filtración RO de cuatro etapas con una precisión que es mayor del 90%.
- Purificado efectivo a través del sistema de filtración de alta precisión, remueve los sólidos, el óxido de hierro, los coloides, cloro residual, sustancias orgánicas y las impurezas en el agua, y el agua resultante es agua pura, cumpliendo con los requisitos de la norma sanitaria para la seguridad higiénica y la función en los dispositivos de tratamiento de agua.
- Agua tratada óptima para contacto y consumo humano
- La fuerte penetración de la membrana entrega suficiente suministro de agua, el agua filtrada puede ser utilizada para enjuagar vegetales y cocinar, el agua drenada de desecho puede ser utilizada para limpieza general.
- Fácil mantenimiento. El conector rápido es muy conveniente para el mantenimiento.
- Protege la vida de tu refrigerador y lavavajillas.





- Sistema de ruta de agua integrado, previene fugas en tu casa
- Cartuchos de 4ta generación: Aseguramiento de sellado para los cartuchos
- Diseño ahorrador de espacio, aprovecha mejor el espacio de tu cocina
- Producción de agua 1:1
- Mejora el sabor del agua y absorbe el color y el olor anormales en el agua

Aunado a lo anterior mencionado el sistema de purificación que maneja esta empresa nos ofrece otras cualidades como lo es su **ubicación**, debido a que su matriz se encuentra establecida en Monterrey, por lo tanto, las **complicaciones** relacionadas con temas de importación nacional **quedan fuera** incluyendo los temas de contaminación ambiental por cuestiones de largos trayectos de traslado. Por otro lado, la empresa además de estar legal y formalmente establecida cuenta con una serie de **certificaciones** por el cumplimiento de **Normas** (NOM-003-CFI-2000 Seguridad Eléctrica, NOM-024-SCFI-1998 Información Comercial, CARTA SENER-LASER Art. 28 Consumo de Energía, NOM-127-SSA1-2021, Calidad de la Red Pública, NOM-201-SSA1-2002 Agua Purificada Consumo Humano, NOM-224-SSA1-2008 Eficiencia Bacteriológica), **Procesos** (ETL Seguridad Eléctrica en USA, CE Seguridad Eléctrica en Comunidad Europea, WQA GOLD SEAL Water Quality Asoc. – Órgano que certifica en USA, NSF/ANSI 42, 53, 58, 61, 372 Órgano que emite los estándares) y **Sistemas** ISO (ISO-9001 Sistema de Gestión de Calidad e ISO-14001 Sistema de Gestión Ambiental), sin contar que han instalado más de **50,000** plantas de purificación en toda la república, en **10 años** de presencia en México. Otro indicador que le otorgó varios puntos dentro de la matriz de selección fue el hecho de su **compromiso ambiental** al generar tecnología de punta y de última generación enfocada a la **preservación y correcta gestión** de los recursos hídricos de la nación, así como la incesante lucha por la **reducción/eliminación** de los envases de **plástico** utilizados para el almacenamiento y transporte de agua potable hasta los hogares. Aunado a esto El costo total del sistema incluye pruebas a base de tiras reactivas (**Test Calidad De Agua Potable**) que se estarán efectuando de manera periódica (**cada 2 años**) con la finalidad de garantizar que la **calidad** de agua en el momento de la prueba siga siendo exactamente igual al momento de que se instaló el sistema, pudiendo así detectar fallos o **deficiencias** en el mismo.





Entrando en **especificaciones técnicas** del sistema seleccionado podemos señalar como sus puntos más fuertes el sistema de tratamiento implementado, el cual la planta de purificación propuesta utiliza el proceso biológico de **Ósmosis Inversa** en la modalidad de **filtración de alta precisión** de 4 etapas, Filtro de sedimento (PP), Filtro de carbón GAC (C1), Membrana de Osmosis Inversa (RO) y Filtro de post carbón (C2), la cual tiene las siguientes ventajas:

- Bloquea Virus
- Bloquea Bacterias
- Reduce Cloro
- Bloquea Metales
- Bloquea Sales y Minerales
- Bloquea Sedimentos y Sólidos
- Mejora Sabor y Reduce Olores
- Bloquea Sarro
- Elimina Colides
- Elimina sustancias orgánicas disueltas

Aunado esto podemos encontrar que esta **planta purificadora**, cuenta con un sistema de purificación de agua por **microfiltración** que reduce los organismos coliformes totales y mesófilos aerobios. Este sistema cumple con la norma **NOM-127-SSA1-2021** de acuerdo con el método de prueba realizado por un laboratorio tercero autorizado por **COFEPRIS**. El modelo correspondiente para la purificación de aguas domesticas es **únicamente individual**, es decir que cada unidad habitacional deberá contar con el propio para su uso exclusivo/no compartido y corresponde al **Purificador AO4 Osmosis Inversa**, con una capacidad de **purificación de 1:1** y el cual tiene un costo de **\$6,500 MNX**, incluye instalación y pruebas rápidas de tiras reactivas cada 2 años. Con la complementación de este sistema se puede concluir que el objetivo en cuanto a calidad de agua obtenida se encuentra **completo** y se considera como **viable** su implementación en las actividades y zonas seleccionadas. La matriz de selección de la empresa seleccionada es la siguiente:



**Tabla 7.6** Matriz de selección en su apartado "Perfil empresarial"

<u>Perfil Empresarial</u>	
Indicador analizado	Características reportadas
Nombre de la empresa	Pure Water Technology
Ubicación de la empresa	Av. Ricardo Margain Zozaya 315, Santa Engracia, 66263 Monterrey, N.L.
Importación	No requerida
Certificaciones y premios	COFEPRIS
Años en el mercado	10 años de presencia en México.
Historial de venta	Se han instalado más de 50,000 servicios en toda la república mexicana

Nota: Tabla de elaboración propia

**Tabla 7.7** Matriz de selección en su apartado "Perfil económico"

<u>Indicador económico</u>	
Indicador analizado	Características reportadas
Costo Total	\$65,000.00
Costo Diliuido	\$6,500.00 por unidad habitacional
Retorno de inversión	El reúso del agua genera un ahorro importante que permite recuperar rápidamente la inversión en los primeros años dependiendo de los índices de consumo y la tarifa que se esté pagando al momento de contratar el servicio, además de los múltiples beneficios ambientales. 100% amortizable en el primer año (LISR Art. 41 Frac. XIV) (SAT). Ahorros por descuentos otorgados de CONAGUA en el agua potable (Art. 282 C Ley Federal de Derechos en Materia de Agua).
Planes de financiamiento	No
Mantenimiento (Costo)	Filtros tipo clip , cartuchos de 4ta generacion \$2,731.66 MXN costo total (Filtro de Sedimento y Carbón para Purificador AO4. Etapa 1 y 2 \$642.85, Filtro de Ósmosis Inversa para Purificador AO4. Etapa 3 \$1,706.52, Filtro de Carbón Activado para Purificador AO4, Etapa 4 \$382.29

Nota: Tabla de elaboración propia



**Tabla 7.8** Matriz de selección en su apartado “características sustentables de fabricación e instalación”

**Características sustentables de fabricación e instalación**

Indicador analizado	Características reportadas
Implementación de químicos nocivos	La planta de purificación NO utiliza productos químicos nocivos, su composición se basa en filtros los cuales son Filtro de sedimento (PP), Filtro de carbón GAC (C1), Membrana de Osmosis Inversa (RO) y Filtro de post carbón (C2)
Tipo de energía empleada	Eléctrica, los equipos de purificación reducen al máximo el consumo de energía eléctrica. Tensión Nominal: 110-240V~, Frecuencia Nominal: 50/60Hz, Potencia Nominal: 30W
Residuos resultantes recurrentes	Ninguno
Control de olores en el sistema	La planta de purificación no generan malos olores, ni ruidos.

Nota: Tabla de elaboración propia

**Tabla 7.9** Matriz de selección en su apartado “Calidad del agua resultante”

**Calidad del agua resultante**

Indicador analizado	Características reportadas
Calidad de agua obtenida	La fuerte penetración de la membrana entrega suficiente suministro de agua, el agua filtrada puede ser utilizada para enjuagar vegetales y cocinar, el agua drenada de desecho puede ser utilizada para limpieza general.
Normativa aplicada	Normas (NOM-003-CFI-2000 Seguridad Eléctrica, NOM-024-SCFI-1998 Información Comercial, CARTA SENER-LASER Art. 28 Consumo de Energía, NOM-127-SSA1-2021, Calidad de la Red Pública, NOM-201-SSA1-2002 Agua Purificada Consumo Humano, NOM-224-SSA1-2008 Eficiencia Bacteriológica)
Muestras cíclicas de calidad de agua	Su distribuidor local incluye una póliza de inspección a base de pruebas rápidas de tiras reactivas cada 2 años de manera permanente.
Responsabilidad y seguros	No indicado
Con contacto directo	Apta para contacto directo y consumo humano.

Nota: Tabla de elaboración propia





**Tabla 7.10** Matriz de selección en su apartado “características del sistema de tratamiento”

Características del sistema de tratamiento

Indicador analizado	Características reportadas
Tipo de sistema	Sistema de purificación de agua por microfiltración que reduce los organismos coliformes totales y mesófilos aerobios a base de proceso biológico de Ósmosis Inversa en la modalidad de filtración de alta precisión de 4 etapas, Filtro de sedimento (PP), Filtro de carbón GAC (C1), Membrana de Ósmosis Inversa (RO) y Filtro de post carbón (C2).
Nivel de complejidad del sistema	Fácil utilización. Esta planta es totalmente automática sin componentes electrónicos complejos, de fácil utilización y mantenimiento además de contar con un sistema de ruta de agua integrado, previene fugas en tu casa.
Ciclo de vida	30 años de los componentes físicos del sistema y 1 año dos meses para los filtros y consumibles empleados.
Garantía	Garantía de 2 años por parte de ASAJET en todo el sistema, equipo electromecánico y módulos de concreto. La garantía de Jet y su política de servicio son los mejores de la industria: cada aireador de la serie 700 de Jet incluye una garantía limitada por 30 meses, y cuando se acaba la garantía, entra en vigor inmediatamente un programa de intercambio de por vida.
Mantenimiento (Tiempo)	Bajo. Solo se requiere el remplazo de filtros y consumibles cada año y 2 meses.
Capacidad/rendimiento	Producción total de agua pura: 2000L ( por día) por cada sistema de purificación individual.
Requerimientos mínimos del agua	Agua en red de TDS <350ppm
Carga orgánica soportada	Sin restricciones
Plan de contingencia	No ya que el sistema no es afectado por la intrusión cargas químicas u orgánicas de ningún tipo.
Requerimientos mínimos espaciales	Dimensiones: 36.3 x 34.2 x 12 cm por cada sistema de purificación individual.

Nota: Tabla de elaboración propia

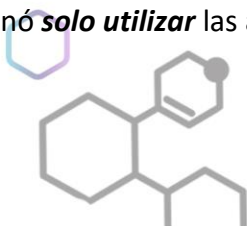




## 7.4 Conclusiones

Una vez finalizado el análisis de mercado e integrado de manera global los sistemas de tratamiento y purificación necesarios para obtener la **calidad de agua** deseada e ideal para su tratamiento y reutilización dentro de la vivienda se logró la estructuración de un **sistema de saneamiento mixto** a base de lodos activados/osmosis inversa/ultrafiltración en donde cuya **compatibilidad** entre si asegura una sinergia de procesos que ofrecen agua de alta calidad sin comprometer la salud de los habitantes de la vivienda. De igual manera se corroboró que la problemática **NO** radica en la **oferta** y variedad de soluciones y tecnologías de sistemas de tratamiento y purificación en el mercado, ya que durante la presente investigación se consultaron varias opciones y alternativas para el tratamiento de las aguas residuales/grises, que si bien no todas cubrían las **necesidades específicas** del presente proyecto a desarrollar si podrían dar solución a las necesidades de otros clientes con fines y capacidades adquisitivas distintas.

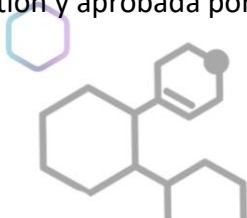
Por otro lado, tomó por sorpresa el avance tecnológico en los sistemas de tratamiento en cuanto a las **características mínimas requeridas** del agua de entrada para su tratamiento, puesto que se esperaba una serie de indicaciones y requerimientos **mínimos** para el correcto funcionamiento de los sistemas como por ejemplo el no verter aguas provenientes del WC por los coloidales presentes en esta, utilización obligatoria de trituradores de alimentos para evitar un exceso de sólidos disueltos, trampa de grasas en tarjas para evitar se mezclaran con las aguas residuales, uso limitado de químicos en cualquiera de las actividades de aseo personal y limpieza entre otras. Sin embargo, al consultar a las empresas proveedoras de estos servicios la mayoría indico **"no tener limitantes"** en los componentes de las aguas residuales domésticas, asegurando que sus sistemas **están preparados** para **soportar y tratar** cualquier elemento que contengan estas aguas, pero de igual manera indicaron que la diferenciación de aguas provenientes de WC si bien no aumentará la calidad de agua obtenida si **prolongarán** la vida útil de los sistemas implementados así como los consumibles, por lo tanto y en favor de esta indicación se determinó **solo utilizar** las aguas de las áreas seleccionadas para su tratamiento.





Hablando en términos de **factor económico** y una vez determinados todos los sistemas de tratamiento a implementar se pudo establecer el **costo total y unitario** necesario para poder acceder a estas tecnologías. La inversión requerida que se estableció da un total de **\$508,437.50.00 MXN** (esto incluye los 2 sistemas propuestos, tratamiento de aguas grises, purificación y ultrafiltrado), esto no incluye reposición de consumibles. Esta cantidad se diluye al dividirse entre las 10 unidades habitacionales que estarán disponiendo de las aguas tratadas arrojando una **inversión compartida** de **\$50,873.75.00 MXN** por cada una de las unidades habitacionales, lo cual se estará integrando al **crédito hipotecario** del costo total de la vivienda, el cual representa entre el **7 y 12%** del costo total de la vivienda. De esta manera se garantiza que la **asequibilidad** por adquisición **compartida** estará al alcance de la población/clientes de clase media a la cual está dirigido el presente trabajo de investigación.

Por ultimo y para finalizar el capítulo uno de los resultados más **significativos** y de mayor alcance que se detectaron al momento de realizar el análisis de mercado fue el hecho de los **vacios y lagunas legales** que giran en torno al tema de tratamiento de aguas grises, en donde de primera instancia podemos señalar que dicha normativa es **inexistente** debido a que la única normativa aplicable **NO** está dirigida en específico a las aguas grises, está dirigida a las aguas residuales en general, lo cual y como se indicó en el capítulo 03 en su apartado de “marco normativo” solo se pueden consultar las normas Norma Oficiales: NOM-003-ECOL-1997, NOM-127-SSA1-2021 y NOM-230-SSA1-2002. Para **enfaticar** dicha problemática es importante señalar que la NOM-127-SSA1-2021 en su actualización y en uno de sus apartados señala como tal que las aguas para contacto y consumo humano **NO** pueden tener su origen en aguas residuales tratadas, volviendo los sistemas de tratamiento propuestos **“alegales”** en caso de implementarlos para uso y consumo humano, esto a pesar de la postura de las empresas al señalar que las aguas resultantes de sus procesos de potabilización **alcanzan perfectamente** los requerimientos mínimos solicitados y que incluso pueden ofrecer agua de **calidad superior** a la mencionada en dicha norma. Esto siempre respaldado de manera **oficial** mediante **análisis de laboratorio** ajenos a la empresa en cuestión y aprobada por la COFEPRIS para asegurar la **fiabilidad** de los resultados.





08

# Conclusiones y propuestas

(Finales)



Alumno: Arq. Quezada Limón Luis Francisco. Asesor: Dr. Flores Elizondo Rodrigo. Agosto 2024



## 8.1 Propuesta de investigación

Para dar por **culminado** el presente trabajo de investigación y dar **utilidad** a los resultados obtenidos de todas las etapas metodológicas y sus herramientas implementadas se desarrolló un **vaciado** de toda la información **técnica y aplicable** a un **proyecto** de desarrollo habitacional, para ello a partir de un proyecto arquitectónico de 10 unidades habitacionales se insertaron todas las **instalaciones necesarias** para poder poner en marcha los sistemas de tratamientos seleccionados, obteniendo así un **diagrama de flujo** que contempla desde el ingreso de agua de primer uso suministrada por el municipio hasta su reutilización dentro de la vivienda después de su captación y tratamiento. La importancia de esta actividad radica en poder contemplar los **espacios mínimos requeridos** en la implementación de estos sistemas para que desde la etapa de diseño arquitectónico se **destinen** las áreas necesarias que estos sistemas requieren.

Recapitulando la selección de sistemas a implementar hay que recordar que el **sistema mixto** propuesto se compone de 3 tipos de sistemas **independientes** los cuales fueron los siguientes: 1) Sistema de **tratamiento** de aguas grises **primario** a base de lodos activados en la modalidad de **aireación extendida** a base de **módulos prefabricados**, 2) Sistema de **purificación de aguas tratadas secundario** a base de proceso biológico de **Ósmosis Inversa** en la modalidad de **filtración de alta precisión** de 4 etapas, Filtro de sedimento (PP), Filtro de carbón GAC (C1), Membrana de Osmosis Inversa (RO) y Filtro de post carbón (C2) y por último 3) Sistema de **Ultrafiltración** de aguas tratadas **complementario** (opcional) para uso exclusivo de regadera y compuesto a base de **15 capas filtrantes** con distintas cualidades. Una vez identificados plenamente los sistemas a implementar se establecerá la **descriptiva técnica** de las instalaciones necesarias para el flujo del agua de primer uso que estará ingresando a la vivienda hasta su reutilización dentro de la misma después de los procesos de purificación. Es importante señalar que las **especificaciones técnicas** presentadas solo son las requeridas **ajenas** a los sistemas de tratamiento propuestos, debido a que por temas de **patente y derechos** de autor las empresas analizadas **NO** proporcionaron datos técnicos del funcionamiento de sus sistemas.



Para dar inicio a esta descriptiva es importante señalar que la edificación estará contando con una **diferenciación de aguas de 4 tipos**, el primero corresponde a la red intradomiciliaria para **dotación de agua** de primer uso dentro de la vivienda (instalación hidráulica convencional), una segunda para **captación de aguas grises** de las zonas seleccionadas como viables para su tratamiento (corresponden a área de lavado y área de regadera), una tercera con una red intradomiciliaria para la **distribución del agua tratada** (la que compete a el agua de salida de los dos primeros sistemas de tratamiento seleccionados ya que el tercer sistemas no requiere de una instalación extra) y una cuarta y última que corresponde al entramado de red intradomiciliaria **sanitaria** (instalación sanitaria convencional).

Cabe señalar que se entiende por “red intradomiciliaria” a la serie de instalaciones (tubos, aditamentos y accesorios) para conducción de dotación, distribución y conducción de extracción de fluidos que se encuentren al interior de la unidad habitacional. En un sistema tradicional esta inicia con una **tubería de entrada** (agua de primer uso SIAPA) y culmina con una **tubería de salida** (albañal para el desahogo de aguas residuales domesticas). Es recomendable que los materiales utilizados **cumplan** con las normas mexicanas de producto NMX, lo que, aunado a una buena instalación, permitirá la **durabilidad** de la red y la **inexistencia** de fugas. La selección del material de la tubería dependerá de una serie de factores a tener en cuenta como lo son:

- Exposición a la intemperie del tubo, tanto a los rayos ultravioleta en el día como al sometimiento a temperaturas extremadamente bajas por la noche, en algunas regiones del país (CONAFOVI, 2005).
- Características físicas de confinamiento (en caso de ser requeridas).
- Facilidad en su manejo e instalación, su disponibilidad en el mercado nacional, la relación entre sus ventajas y desventajas (CONAFOVI, 2005).
- Propiedades intrínsecas del propio material.
- Precio de adquisición tanto en mayoreo como en menudeo.





Por lo tanto y con base a las características señaladas para el presente trabajo de investigación se ha optado por la implementación de tuberías de tipo **Polietileno de Alta Densidad**, las cuales si bien tiene un costo un poco mayor a las de PVC convencional también presentan **mayores beneficios** que otros materiales. Una vez establecido el material de las instalaciones a implementar el flujo de las aguas de primer uso como las tratadas sería el siguiente:

El agua de primer uso (potable) es **canalizada** a través de la red de agua potable municipal (SIAPA) hasta la **toma domiciliaria** de la edificación, da inicio en el acoplamiento con la tubería, lo que se hace con un insertor y una abrazadera, que es la encargada de hacer hermética la unión entre la red y el ramal. Existen también las válvulas de inserción, cuya ventaja radica en su instalación sin la necesidad de suspender el servicio. A partir de la abrazadera, se instala la **tubería flexible** que permita absorber los movimientos diferenciales del terreno entre la red y la instalación intradomiciliaria. En este tubo se instala una válvula, generalmente de bronce, denominada llave de banqueta, cuya función principal es la **interrupción** del flujo para llevar a cabo reparaciones sin necesidad de excavar; como lo indica su nombre, se instala en el exterior del predio. Posterior a esto el agua ingresada estará pasando a través del medidor de caudal, indispensable para **cuantificar el consumo** y evaluar la tarifa correspondiente. El material utilizado en el cuadro es fierro galvanizado (fo.go.) o cobre rígido tipo 'M', e incluye la válvula de globo; codos y té de bronce y llave para manguera (CONAFOVI, 2005). Una vez y a partir de este punto el flujo de agua potable estará circulando a través de un **sistema de abastecimiento indirecto** con cisterna, equipo de bombeo y tanque elevado. Las ventajas y desventajas de este tipo de sistemas son las siguientes:

### Ventajas

- Se cuenta con reserva de agua en caso de interrupción del servicio.
- La presión de agua es constante en todos puntos de la red de distribución interna.

### Desventajas



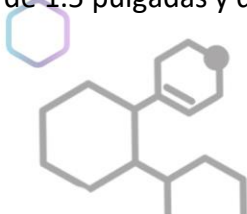


- Posibilidad de contaminación del agua en los reservorios por falta de mantenimiento.
- Mayor costo de construcción, funcionamiento y mantenimiento.
- En caso de apagón la bomba no funciona y no se puede llenar el tanque elevado.

Este sistema consiste en canalizar el agua que ya circula a través del **medidor de caudal** por una tubería de PEAD con un diámetro de 1/2" hasta una cisterna que con las volumetrías del gasto diario cuantificadas se estableció que la capacidad requerida es de **01** cisterna de **10,000 litros** cada una. Esta cisterna estará construida en concreto armado en tal forma que **NO** permita filtraciones de agua. El interior se impermeabiliza con mortero de cemento y arena 1:4, al cual se le añade un aditivo impermeabilizante (en los comercios se encuentran diferentes marcas). Con esta mezcla se realiza un tarrajeo pulido cuidando que los encuentros entre paredes, y entre paredes y fondo sean redondeados para **impedir** la formación de hongos en las esquinas. Se puede enchapar el interior de la cisterna con mayólica económica. La ventaja del enchape es que **facilita** las operaciones de limpieza (Mariani, 2008). De igual manera se puede optar por la implementación de una cisterna **prefabricada**, la cual entre sus ventajas podemos encontrar:

- Garantía de por vida.
- Diseño con cinturones de refuerzo.
- Tecnología tricapa formulada con aditivos especiales que permiten su instalación en exteriores y evitan la generación de bacterias y algas.
- Capa blanca interior lisa, permite observar la calidad del agua y facilita la limpieza de la cisterna.
- Tapa roscada con venteo que asegura un cierre perfecto impidiendo la entrada de contaminantes.
- Su diseño y peso ayudan a tener una rápida instalación.

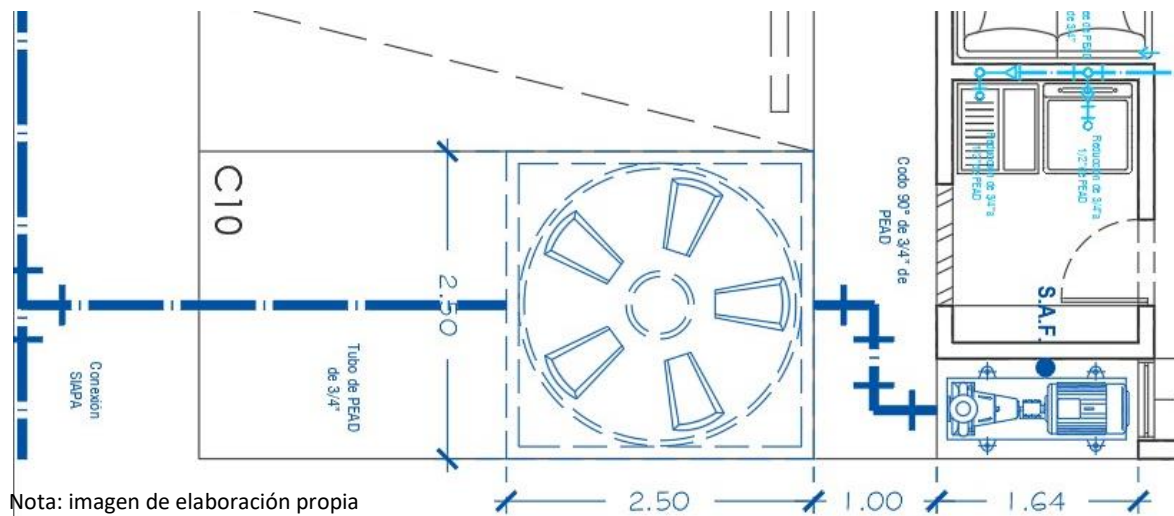
Una vez almacenada el agua en la cisterna se implementará un sistema de bombeo a base de una motobomba residencial con motor 2.0 Hp, de la marca EVANS, modelo 4HME200. Succión de 1.5 pulgadas y descarga de 1.25 pulg. Cuyas ventajas son las siguientes:



- Ahorro de energía eléctrica.
- Abastecimiento de agua.
- Protección térmica.
- Durable por su material de hierro fundido.

Una vez bombeada el agua será **redirigida** a través de una tubería de PEAD con un diámetro de 1/2" hasta los **tinacos** ubicados en la azotea de la edificación, cabe señalar que cada unidad habitacional contará con su **propio** tinaco de la marca ROTOPLAS, el cual tendrá las siguientes características: Tinaco Sistema Mejor Agua (SMA) 1500 L Equipado Rotoplas es ideal para **4-5 personas**. Cuenta con una capa **antibacterial** con tecnología Expel que inhibe la reproducción de bacterias; su tapa click con cierre perfecto **evita** que entren contaminantes al agua, su Filtro Hydro-Net retiene tierra y sedimentos, manteniendo el agua más **limpia** y transparente. Fabricado en cumplimiento con la **NOM NMX-C374-ONNCE-CNCP- VIGENTE**, cuenta con garantía de por vida. Viene equipado con los siguientes accesorios para su instalación 1 Válvula de Llenado tipo sin fin, 1 Multiconector con válvula esfera y tuerca de unión, 1 Flotador, 1 Jarro de aire y 1 Filtro de sedimentos Estándar. Es necesario ubicarlos en una posición **alta** para garantizar la **presión** del agua en todos los puntos de distribución de la vivienda. La plataforma elevada tiene que garantizar la **estabilidad** del tanque y puede ser de concreto armado o herrería.

Figura 8.1 Detalle de conexiones SIAPA / Cisterna / motobomba



Nota: imagen de elaboración propia

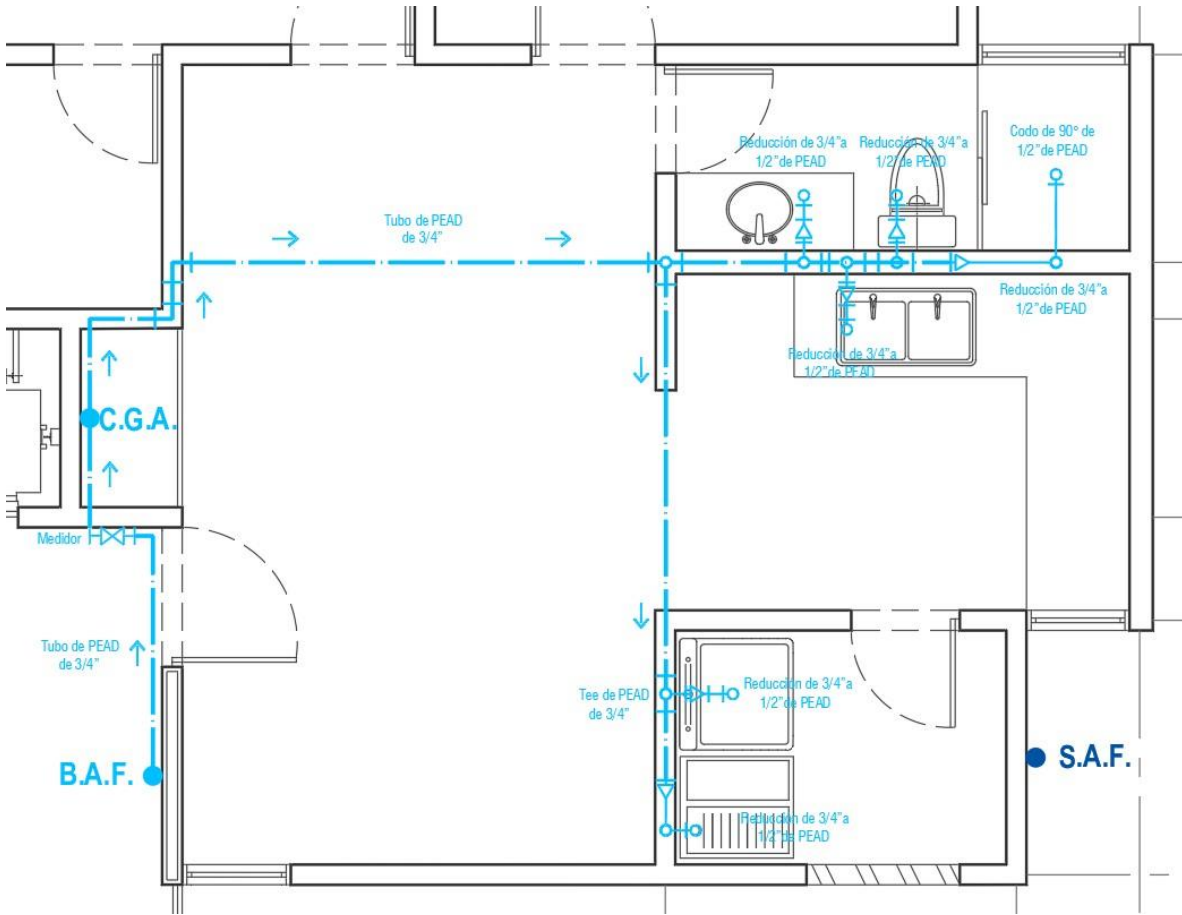




Cuando el agua se encuentre almacenada sus respectivos tinacos esta comenzará a distribuirse mediante la red intradomiciliaria para **dotación de agua** de primer uso dentro de la vivienda, como se mencionó esta de igual manera será de tubería PEAD. Una vez que el agua sale de la fuente de alimentación (tinacos) estas bajaran por los denominados **tubos alimentadores** que serán de material PEAD y tendrá un diámetro de 3/4" la cual llegara hasta las **válvulas de interrupción** de cada área (Baños, cocina y áreas de lavado o patios) para posteriormente abastecer los **ramales**. La función de esta válvula es la de **interrumpir** el paso del agua para aislar partes del sistema de distribución con el fin de efectuar eventuales **reparaciones**. Tiene que ser instalada en cada servicio sanitario y ubicada entre 2 uniones universales para permitir su sustitución **sin** cortar la tubería. Posteriormente de la válvula el agua y los tubos alimentadores pasa a alimentar a los ramales los cuales son pequeños tramos de tuberías que **conectan** la red de alimentación principal a los muebles hídricos: el lavamanos, el inodoro, la regadera, la tarja de cocina y las salidas en el área de lavado (lavadora, lavadero y salidas de agua). En este cambio de tuberías se genera una **reducción** de estas pasando de el diámetro de los tubos alimentadores (**3/4"**) a el diámetro de los ramales (**1/2"**). Una vez que el agua llega a este punto estará **lista** y en espera de su **consumo** mediante las actividades específicas que se llevan a cabo en cada área por parte de los usuarios.

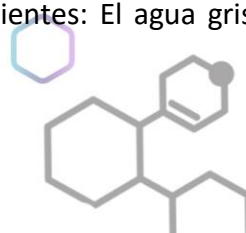


**Figura 8.2** Detalle de instalación hidráulica de agua de primer uso



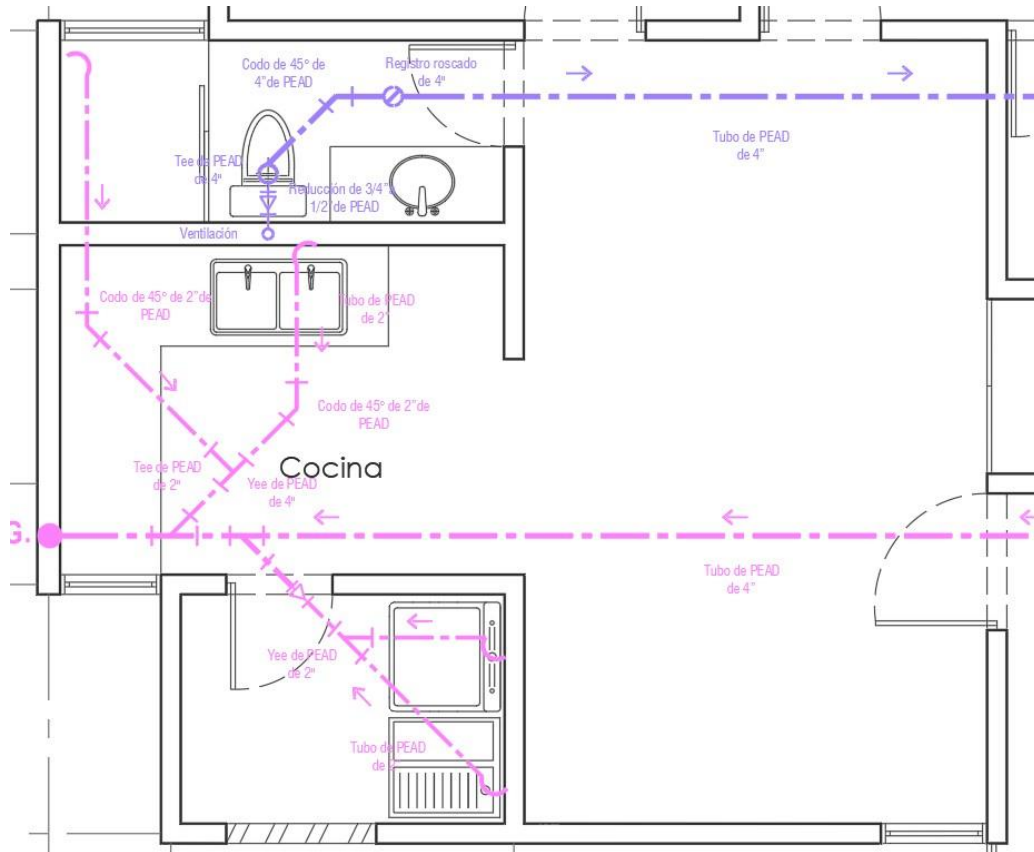
Nota: imagen de elaboración propia

Una vez que el agua de primer uso fue consumida en las actividades correspondientes de cada área estas serán **captadas** por la red de diferenciación de aguas de **segundo nivel** (red de desagüe), el cual estar instalado en las zonas seleccionadas (regadera, área de lavado, tarja y lavamanos). Esta captación se llevará a cabo a través de un sistema a base de **ramales de desagüe** que se unen a colectores y a través de estos el desagüe llega a un **montante vertical**. El montante vertical es un tubo que corre verticalmente en los muros de las viviendas y recoge el agua servida de todos los pisos de la edificación. El montante se conecta a los colectores del nivel más bajo de la vivienda que llevaran las aguas grises recolectadas al **sistema de tratamiento primario** (lodos activados), de manera más específica los componentes de las instalaciones necesarias para llevar a cabo este flujo son las siguientes: El agua gris será captada a través de **coladeras y rejillas** ubicadas en los



sumideros de cada zona o mueble hídrico, posteriormente pasaran a través de las **trampas de olor** de cada una de estas para ser canalizadas por medio **de tuberías de PEAD de 2"**, para tuberías de este diámetro será necesario dotar de una **pendiente de 1.5%** para facilitar el flujo a través de ellas. Cada ramal tendrá un **registro de inspección roscado** para facilitar maniobras de mantenimiento o corrección. Los ramales terminaran uniéndose a la **red de desagüe principal** la cual de igual manera se encontrar dotada de registros de inspección roscados (uno cada 15 metros) hasta culminar en una **caja de registro** la cual permite inspeccionar las tuberías de evacuación de las aguas servidas. Por ultimo las aguas grises son canalizadas al sistema de tratamiento primario de lodos activados. Es importante señalar que el sistema de desagüe debe ser adecuadamente **ventilado** a fin de **mantener** la presión atmosférica en todo momento y **proteger** el sello de agua al interior de las trampas contra sifonaje. Para evitar que esto suceda es necesario colocar una **trampa** en cada punto de contacto entre el sistema de desagüe y los ambientes.

Figura 8.3 Detalle de instalación de captación de aguas grises



Nota: imagen de elaboración propia



Una vez que las aguas grises fueron canalizadas y vertidas al sistema de tratamiento primario el proceso según las especificaciones brindadas por la empresa proveedora del servicio se conforma de **4 fases** las cuales fueron las siguientes:

Fase N°01 El agua residual pasa al **tanque regulador**, el cual tiene como función la de amortiguar los picos de flujo y de carga de tal manera que la planta reciba un flujo constante igual al flujo de diseño y no se afecte su eficiencia. A su vez este proceso estará compuesto de **3 etapas**, la primera (1A) consistirá en pasar las aguas grises por un **cárcamo de bombeo** a base de un canal desarenador. La segunda (1B) consistirá en captar el agua proveniente del cárcamo para comenzar a **bompearla** al biorreactor mediante una bomba dúplex con Stand-By. El tercero (1C) consiste en la separación de los sólidos finos, haciendo pasar el agua bombeada a través de un **tamiz estático**. Es importante señalar que este tanque regulador cuenta con un sistema de aireación mediante difusores de aire ubicados en el fondo del mismo para **evitar la generación de malos olores**.

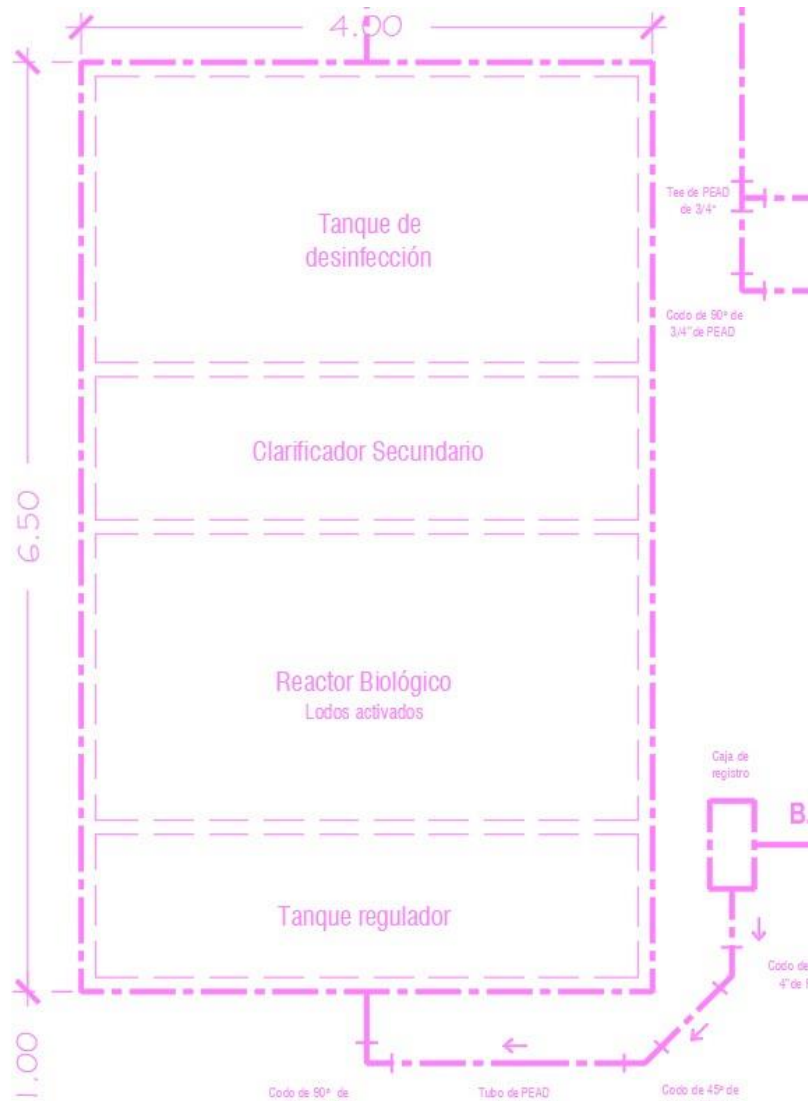
En la fase N°02 del tanque regulador el agua es bombeada al **reactor biológico**, cuya función es dar al agua el tratamiento requerido para cumplir con las normas ecológicas establecidas, dicho tanque, está diseñado para reducir la carga orgánica de un **90% al 95%**. El aire requerido por los microorganismos es suministrado por un **soplador**, el cual lo inyecta al agua por medio de difusores de burbuja media de alta eficiencia de transferencia de oxígeno. Dichos difusores, no sufren de taponamientos, por lo que su mantenimiento es **mínimo**.

En la fase N°03 El efluente del reactor biológico formado de agua mezclada con **lodos biológicos** (licor mezclado) es enviado al **Clarificador Secundario**, en donde los lodos biológicos, así como los sólidos suspendidos, son **sedimentados**. Este clarificador es del **tipo estático**, donde los lodos son colectados en el fondo de unas tolvas, de donde son recirculados una parte al reactor y el excedente es enviado al digester de lodos para su estabilización.



Por último, en la fase N°04 El agua clarificada y aforada pasa al **tanque de desinfección**, el cual, cuenta con un sistema **dosificador de cloro**, para así eliminar microorganismos no deseados y obtener un agua tratada con la calidad requerida. Posterior a esto las aguas resultantes del proceso de cloración las aguas tratadas serán redirigidas a una **cisterna secundaria** que las almacenara para su reutilización dentro de la vivienda. Es importante señalar que esta cisterna secundaria estará provista de una tubería de PEAD de 2" la cual estará conectada a la **red de aguas residuales generales** que desembocaran en la red municipal.

Figura 8.4 Detalle de instalación del sistema de tratamiento primario



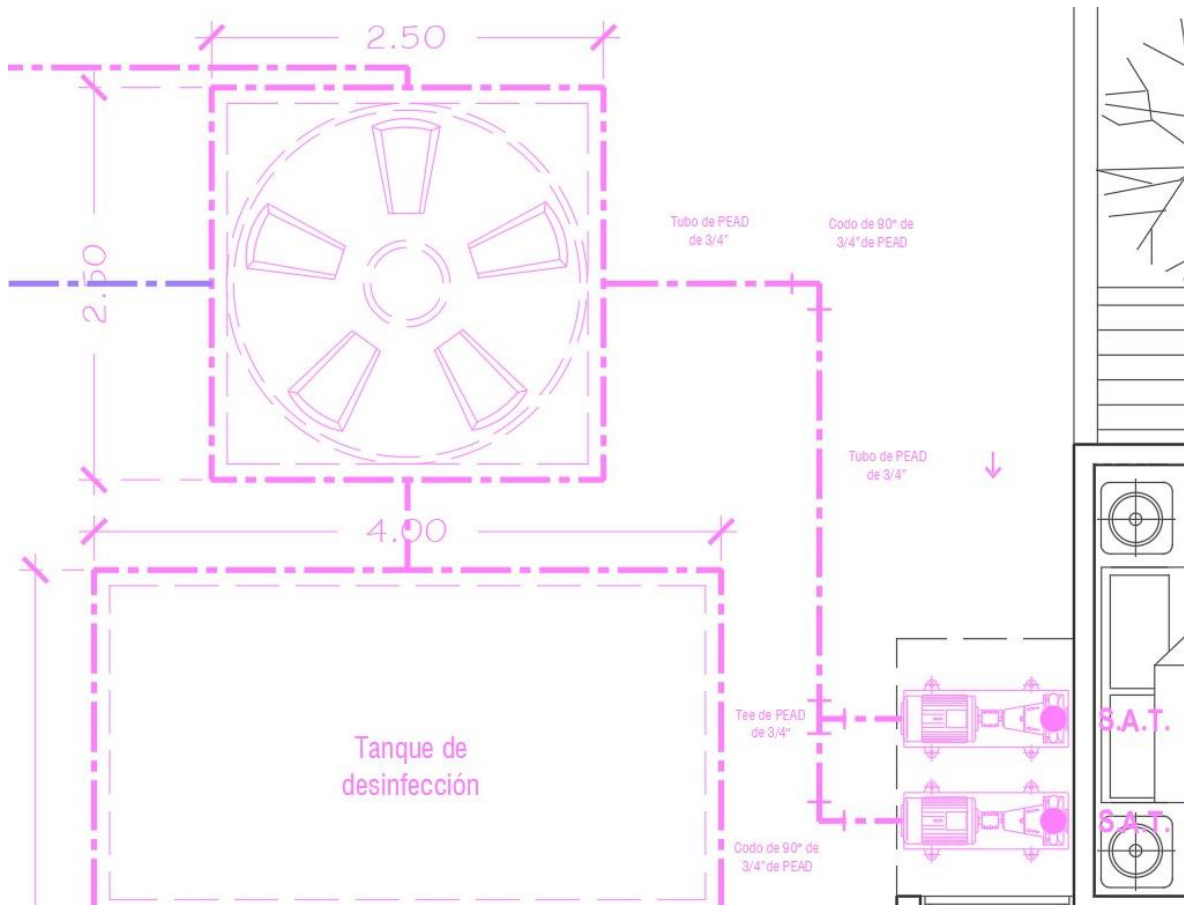
Nota: imagen de elaboración propia





Como información complementaria es importante señalar que el excedente de lodos durante el proceso de depuración es enviado al **tanque digestor**, en el cual se oxidan (una **reducción del 40%** de los sólidos volátiles presentes en los lodos), ya que en esta etapa los microorganismos no reciben materia orgánica como alimento y sólo se les proporcionará aire (oxígeno), propiciando el canibalismo (y evitando al mismo tiempo la generación de olores) logrando con ello una **disminución** de los mismos, los cuales estarán listos para su deshidratación y su posterior **reutilización** como acondicionamiento de suelos (**abono**). Una vez que las aguas tratadas por el sistema de tratamiento primario son almacenadas en la cisterna secundaria (5,000 litros) serán bombeadas nuevamente a la vivienda mediante un sistema de bombeo a base de una **motobomba residencial** con motor 2.0 Hp, de la marca EVANS, modelo 4HME200. Succión de 1.5 pulgadas y descarga de 1.25 pulg.

Figura 8.5 Detalle de instalación de cisterna secundaria y sistema de bombeo



Nota: imagen de elaboración propia





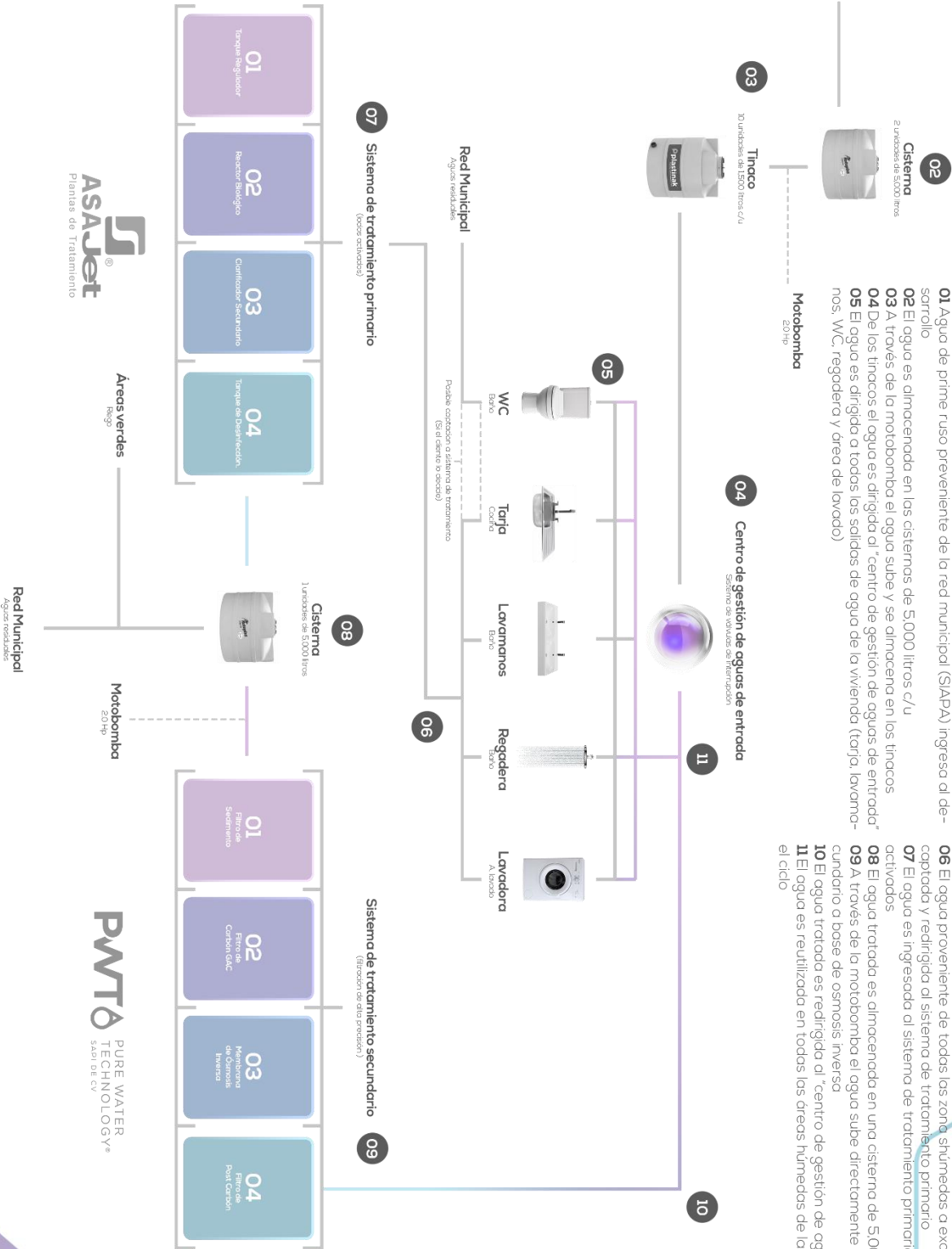
El agua bombeada será suministrada de manera **directa** a las unidades habitacionales a través de una tubería de PEAD con un diámetro de 1/2" hasta el sistema de purificación secundario de **filtración de alta precisión** de 4 etapas, Filtro de sedimento (PP), Filtro de carbón GAC (C1), Membrana de Osmosis Inversa (RO) y Filtro de post carbón (C2), en donde gracias a su eficiencia de 1:1 el flujo y presión de agua que ingrese a la vivienda será el mismo que el proporcionado por la motobomba residencial.

Una vez que el agua tratada paso por el sistema de filtración de alta precisión será redirigida al "**centro de gestión de aguas de entrada**" en el cual y siempre y cuando la válvula de interrupción se encuentre **liberada** permitirá su ingreso a la vivienda para su **reutilización** en las zonas de WC, regadera, área de lavado, tarja y lavamanos. En este punto es importante señalar que el área de la regadera está dotada del **tercer y último sistema de ultrafiltración** a base de un aditamento/accesorio de 15 capas con la finalidad de **eliminar** algún posible residuo orgánico o químico presente en el agua, esto debido a su **contacto directo** con los usuarios y para garantizar que el agua resultante **NO** generaría ningún tipo de afectación a la **salud** de los usuarios.

Por último es importante señalar y describir que el "**centro de gestión de aguas de entrada**" es un área/espacio físico de **0.60 x 1.20** m situado en el ingreso de la vivienda en donde se **alojara** el sistema de ultrafiltración secundario y el centro de control de válvulas de agua potable y aguas tratadas, su función es contener de manera **segura** el sistema de tratamiento secundario **protegiéndolo** de la intemperie, robo y posibles agresiones físicas, así como de tener el **sistema de válvulas de interrupción** que **permitirá** el ingreso ya sea de agua de primer uso o de aguas tratadas a la vivienda para su utilización. Por lo tanto, dicho espacio requiere de ser un área **techada** con loza, de **fácil acceso** a los usuarios y con puertas bajo llave que garanticen un **acceso controlado** solo y únicamente a los propietarios de la vivienda en uso. El **diagrama de flujo** y las **especificaciones técnicas** de los sistemas de tratamiento integrados anteriormente descritos es el siguiente:



Figura 8.6 Diagrama de flujo del sistema de tratamiento integrado



### Diagrama de flujo

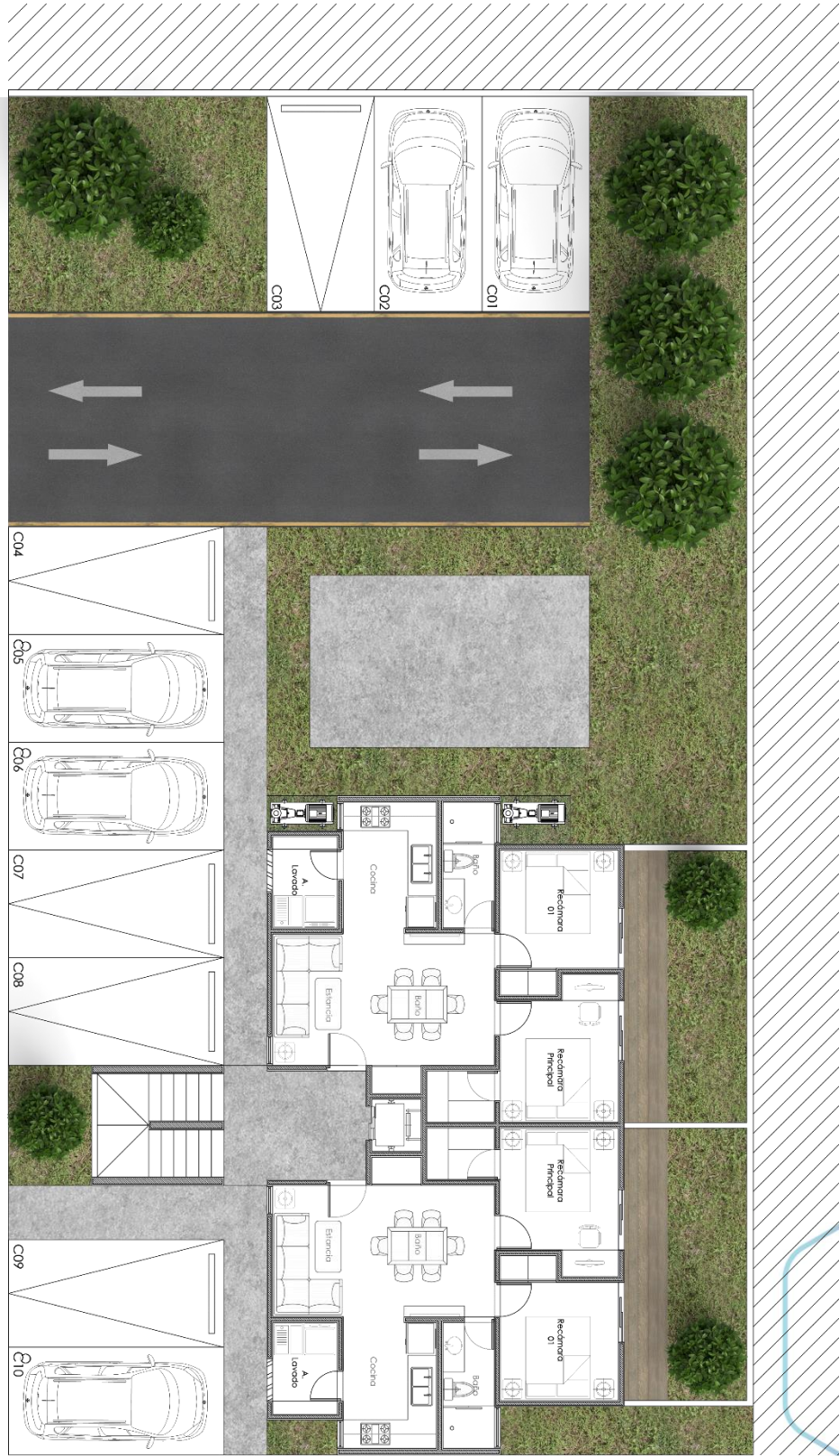
- 01 Agua de primer origen proveniente de la red municipal (STAPA) ingresa al desarrollo
- 02 El agua es almacenada en las cisternas de 5,000 litros c/u
- 03 A través de la motobomba el agua sube y se almacena en los tinacos
- 04 De los tinacos el agua es dirigida al "centro de gestión de aguas de entrada"
- 05 El agua es dirigida a todos los salidas de agua de la vivienda (tina, lavamanos, WC, regadera y área de lavado)
- 06 El agua proveniente de todos los zonas húmedas a excepción del WC es captada y redirigida al sistema de tratamiento primario
- 07 El agua es ingresada al sistema de tratamiento primario a base de todos activados
- 08 El agua tratada es almacenada en una cisterna de 5,000 litros
- 09 A través de la motobomba el agua sube directamente al tratamiento secundario a base de osmosis inversa
- 10 El agua tratada es redirigida al "centro de gestión de aguas de entrada"
- 11 El agua es reutilizada en todas las áreas húmedas de la vivienda y se repite el ciclo

Trabajo para obtener el grado de: Maestro en Proyectos y Edificación Sustentable.

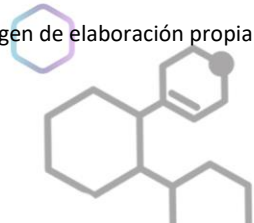
Nota: Imagen de elaboración propia



Figura 8.7 Planta Arquitectónica Baja



Nota: Imagen de elaboración propia

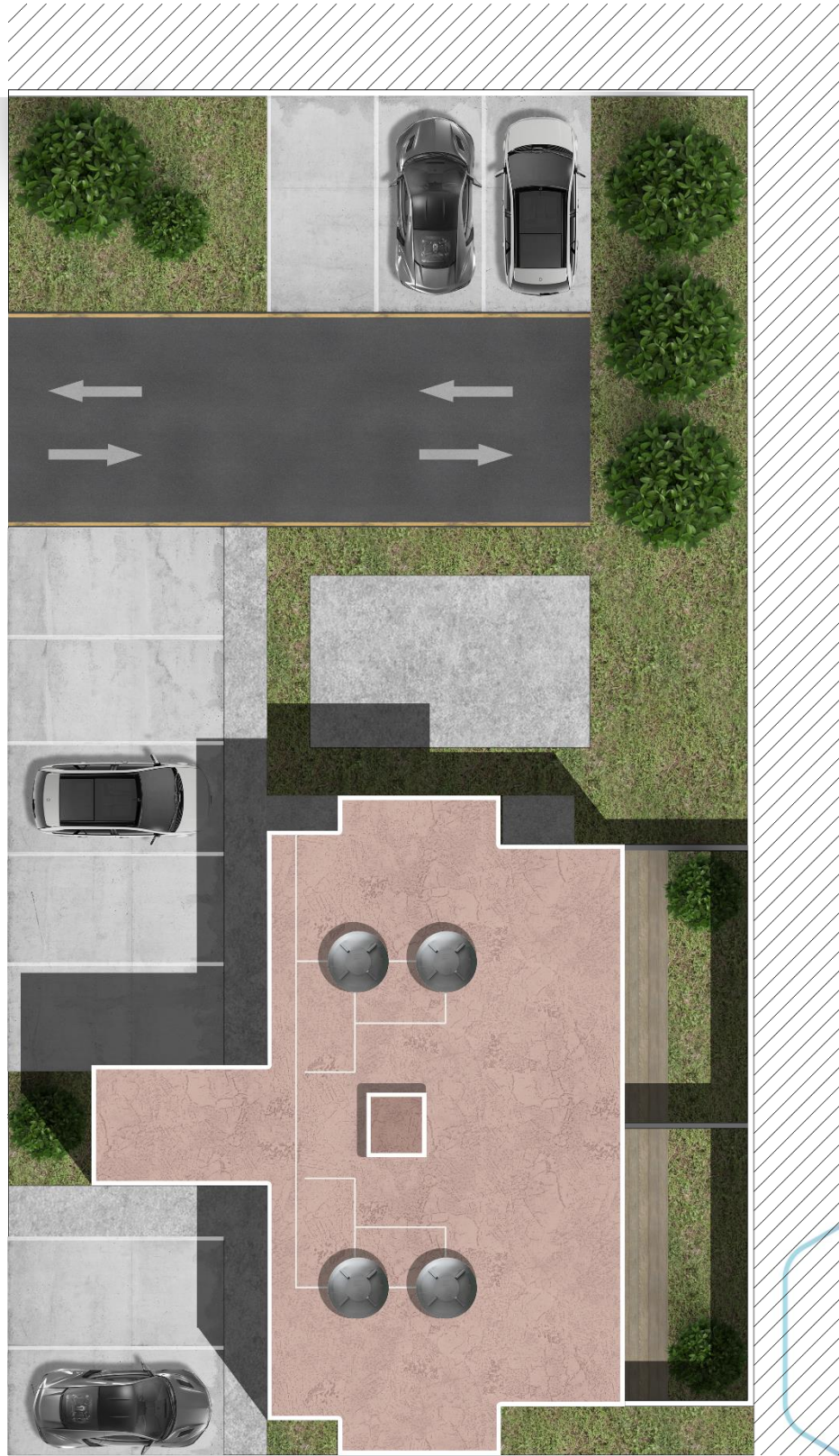


Trabajo para obtener el grado de: Maestro en Proyectos y Edificación Sustentable.



Figura 8.8 Planta de Conjunto

Trabajo para obtener el grado de: Maestro en Proyectos y Edificación Sustentable.



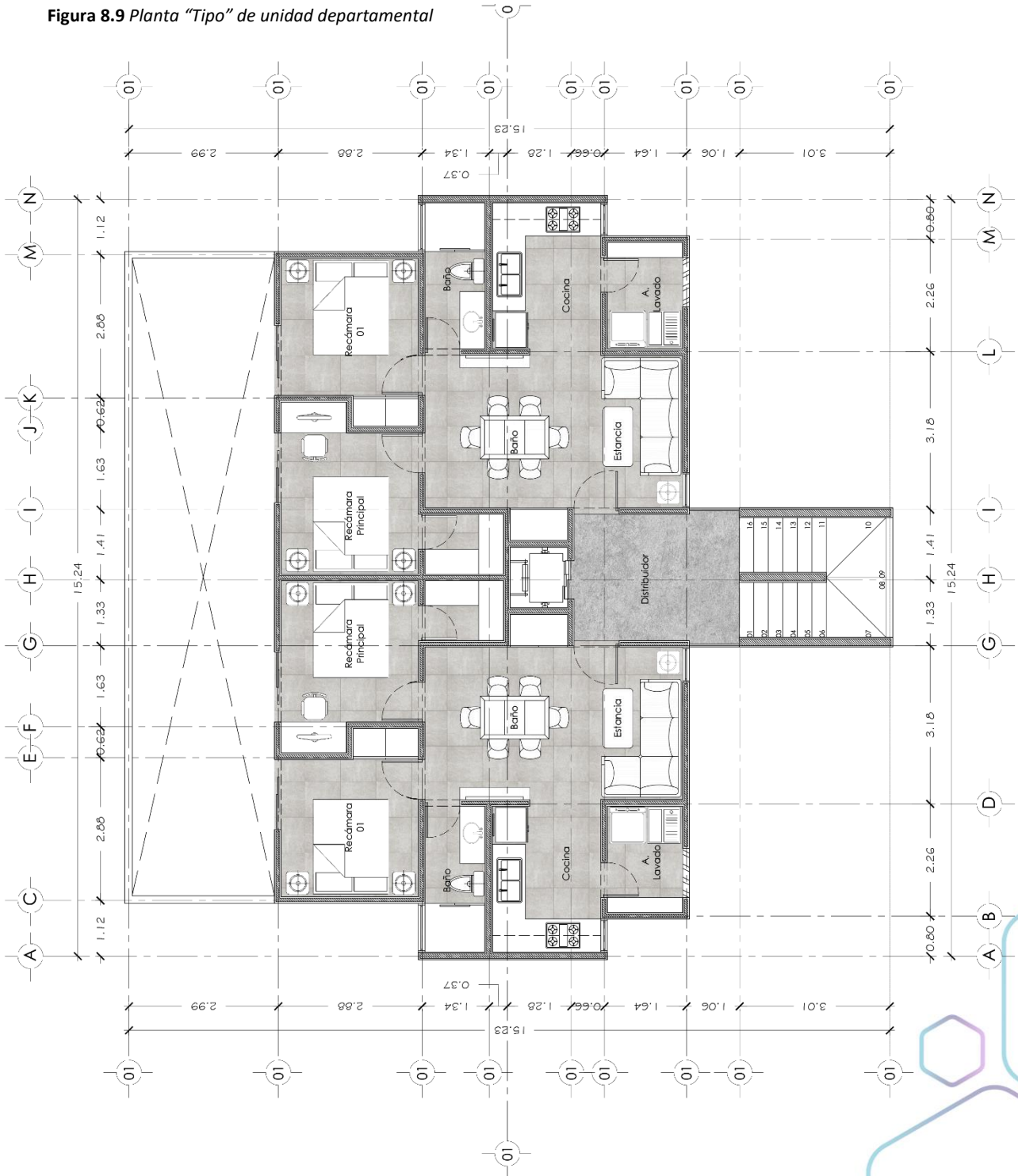
Nota: Imagen de elaboración propia



Estrategias de tratamiento de aguas grises en vivienda vertical mediante la implementación de instalaciones especiales. Caso de estudio: Zona Metropolitana de Guadalajara



Figura 8.9 Planta "Tipo" de unidad departamental



**Simbología**

	Línea de trazo		Línea de proyecciones
	Muro sin carga		Línea de ejes
	Muro de tablaroca		Línea de corte
	Muro de carga		Línea de tierra

Nota: Imagen de elaboración propia

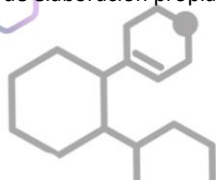












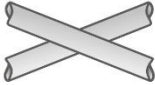












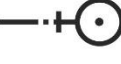





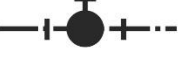












Figura 8.10 Simbología de instalaciones

MEDIDOR DE AGUA			TEE CON BAJADA		
TUBERÍA DE AGUA FRIA			TAPÓN MACHO		
TUBERÍA DE AGUA CALIENTE			TAPÓN HEMBRA		
CRUCE DE TUBERÍA SIN CONEXIÓN			UNIÓN UNIVERSAL		
CODO DE 90			UNIÓN FLEXIBLE		
CODO DE 45			REDUCCIÓN		
CODO DE 90 SUBE			VÁLVULA DE COMPUERTA		
CODO DE 90 BAJA			VÁLVULA DE GLOBO		
TEE			VÁLVULA DE RETENCIÓN (CHECK)		
TEE CON SUBIDA			VÁLVULA DE LLENADO		

Nota: Imagen de elaboración propia

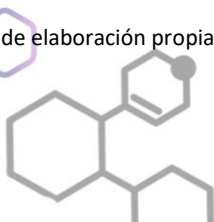
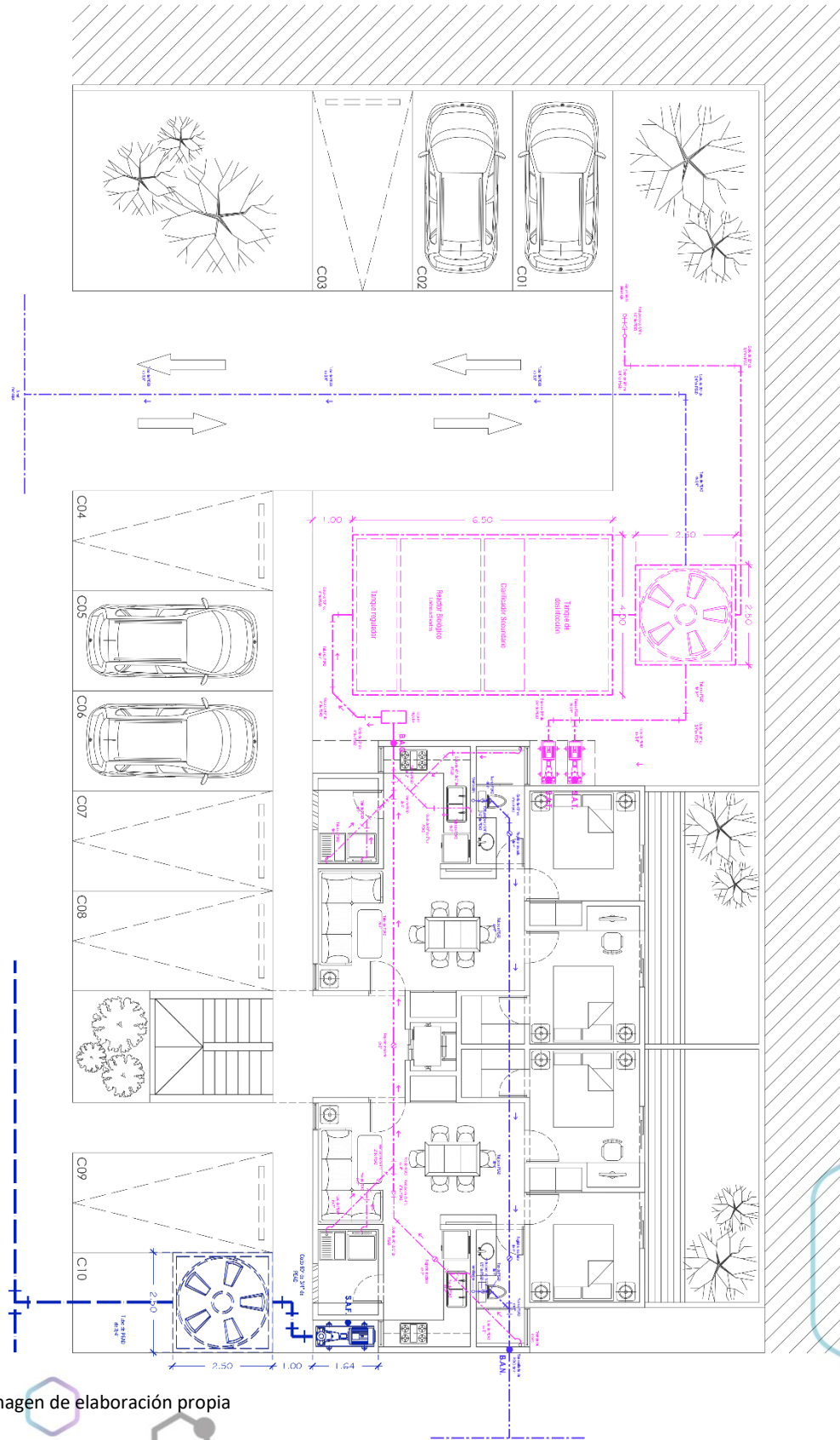


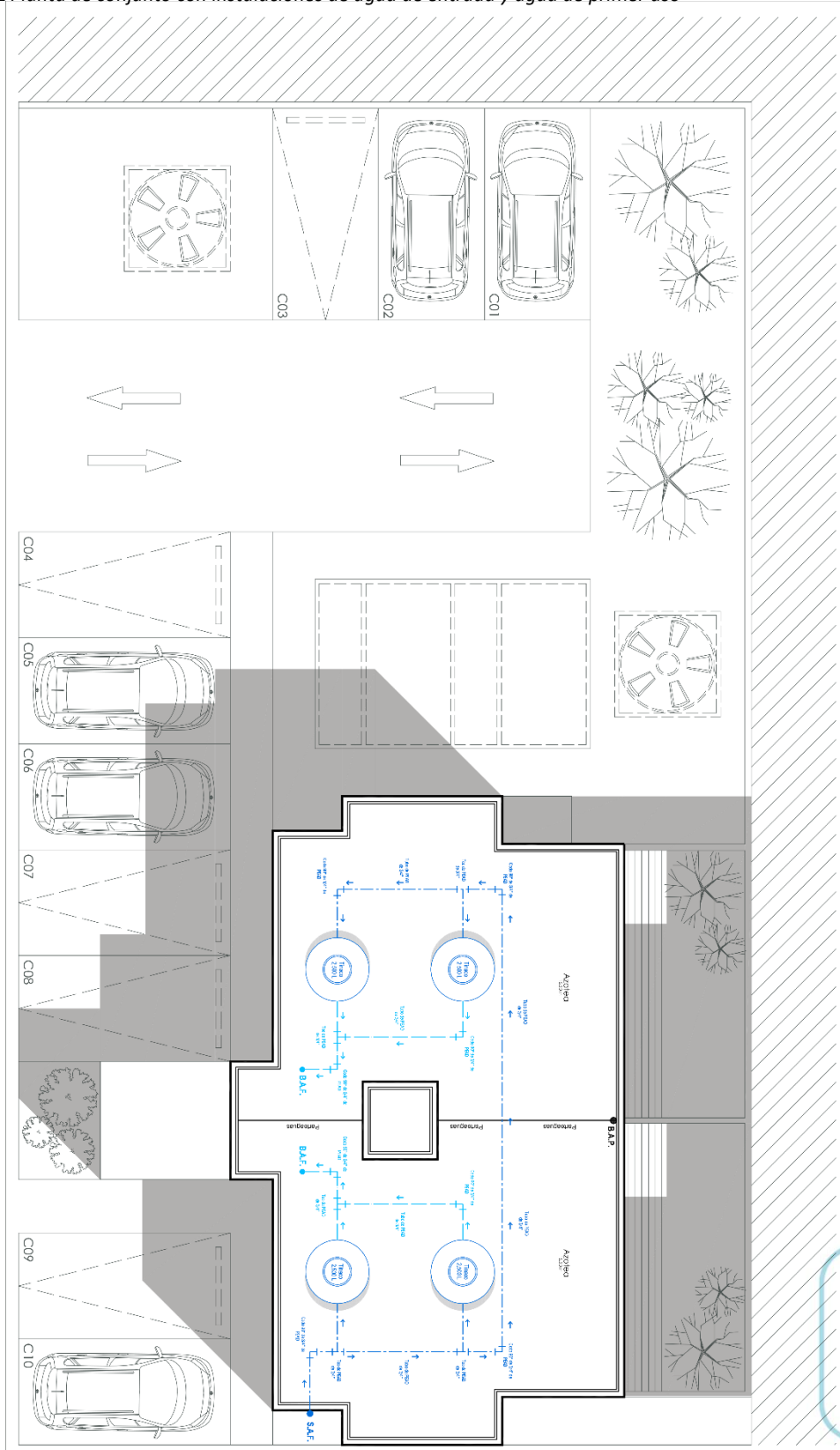
Figura 8.11 Planta baja de instalaciones de agua de entrada y captación de aguas grises y negras



Nota: Imagen de elaboración propia

Estrategias de tratamiento de aguas grises  
en vivienda vertical mediante la implementación  
de instalaciones especiales. Caso de estudio:  
**Zona Metropolitana de Guadalajara**

**Figura 8.12** Planta de conjunto con instalaciones de agua de entrada y agua de primer uso



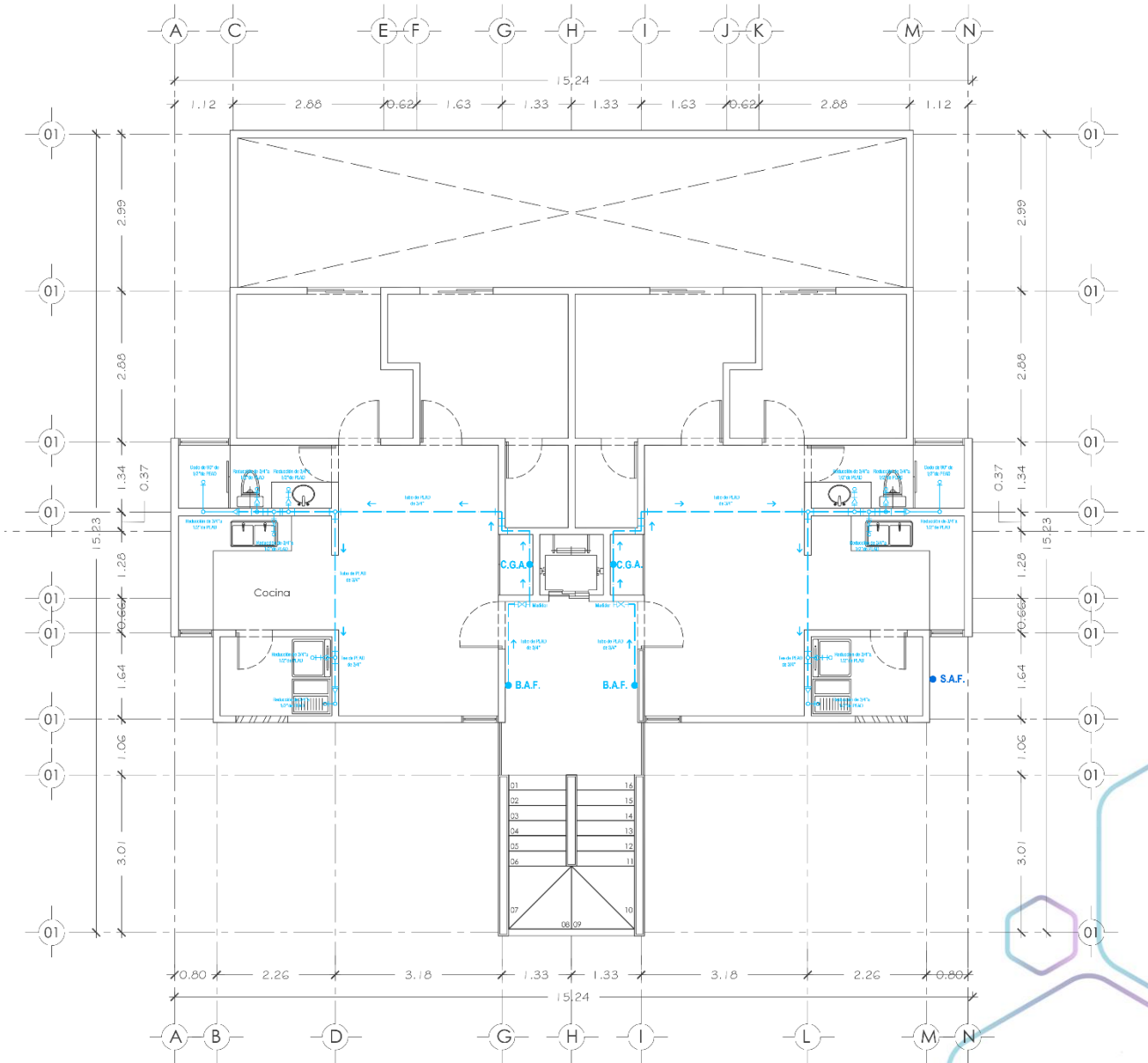
Nota: Imagen de elaboración propia



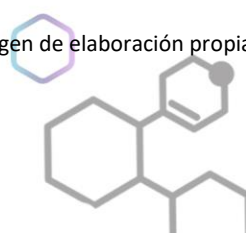
Estrategias de tratamiento de aguas grises  
en vivienda vertical mediante la implementación  
de instalaciones especiales. Caso de estudio:  
**Zona Metropolitana de Guadalajara**

Figura 8.13 Planta tipo con instalaciones de agua de primer uso

Trabajo para obtener el grado de: Maestro en Proyectos y Edificación Sustentable.

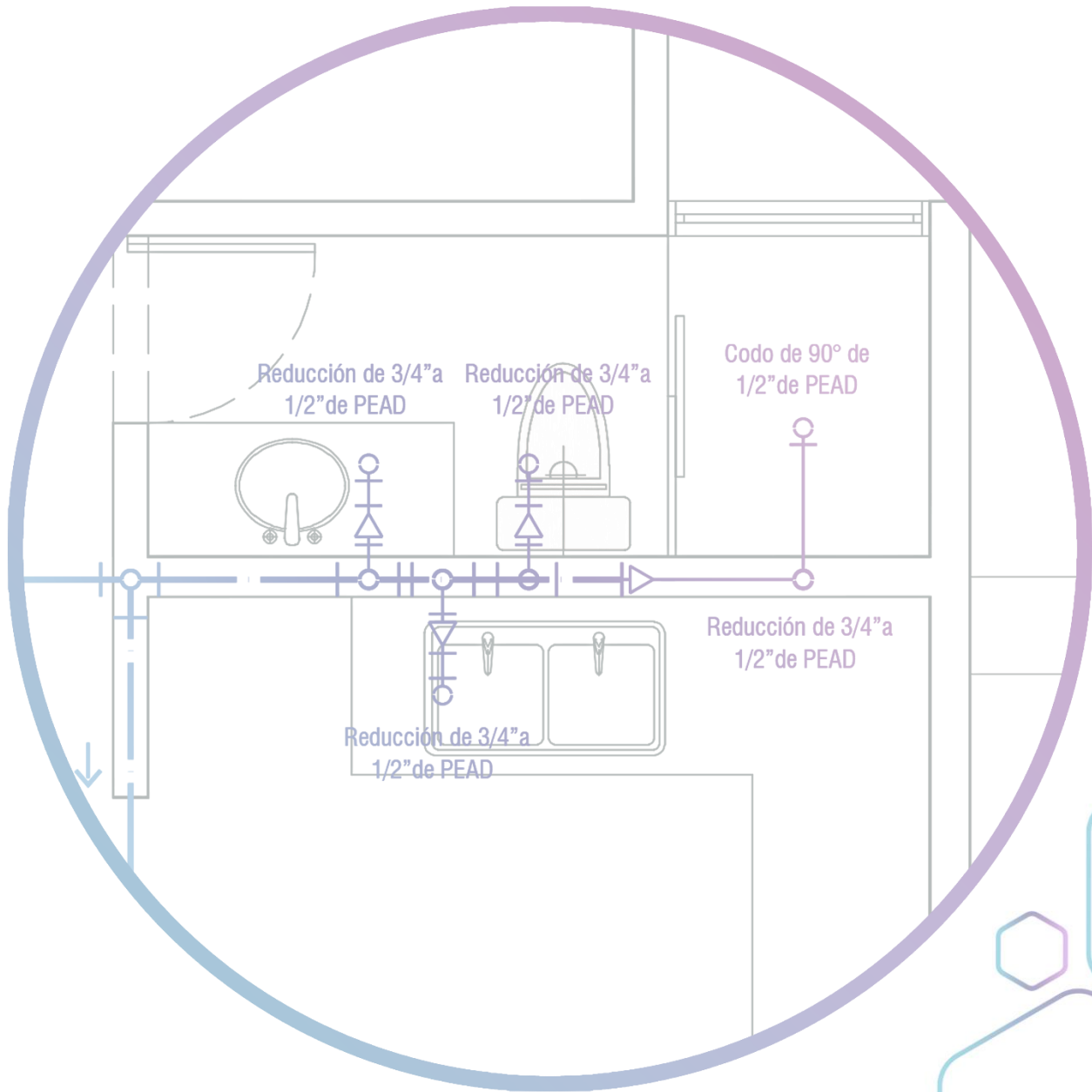


Nota: Imagen de elaboración propia



Estrategias de tratamiento de aguas grises en vivienda vertical mediante la implementación de instalaciones especiales. Caso de estudio:  
Zona Metropolitana de Guadalajara

Figura 8.14 Detalle de ramal de agua de primer uso en baño

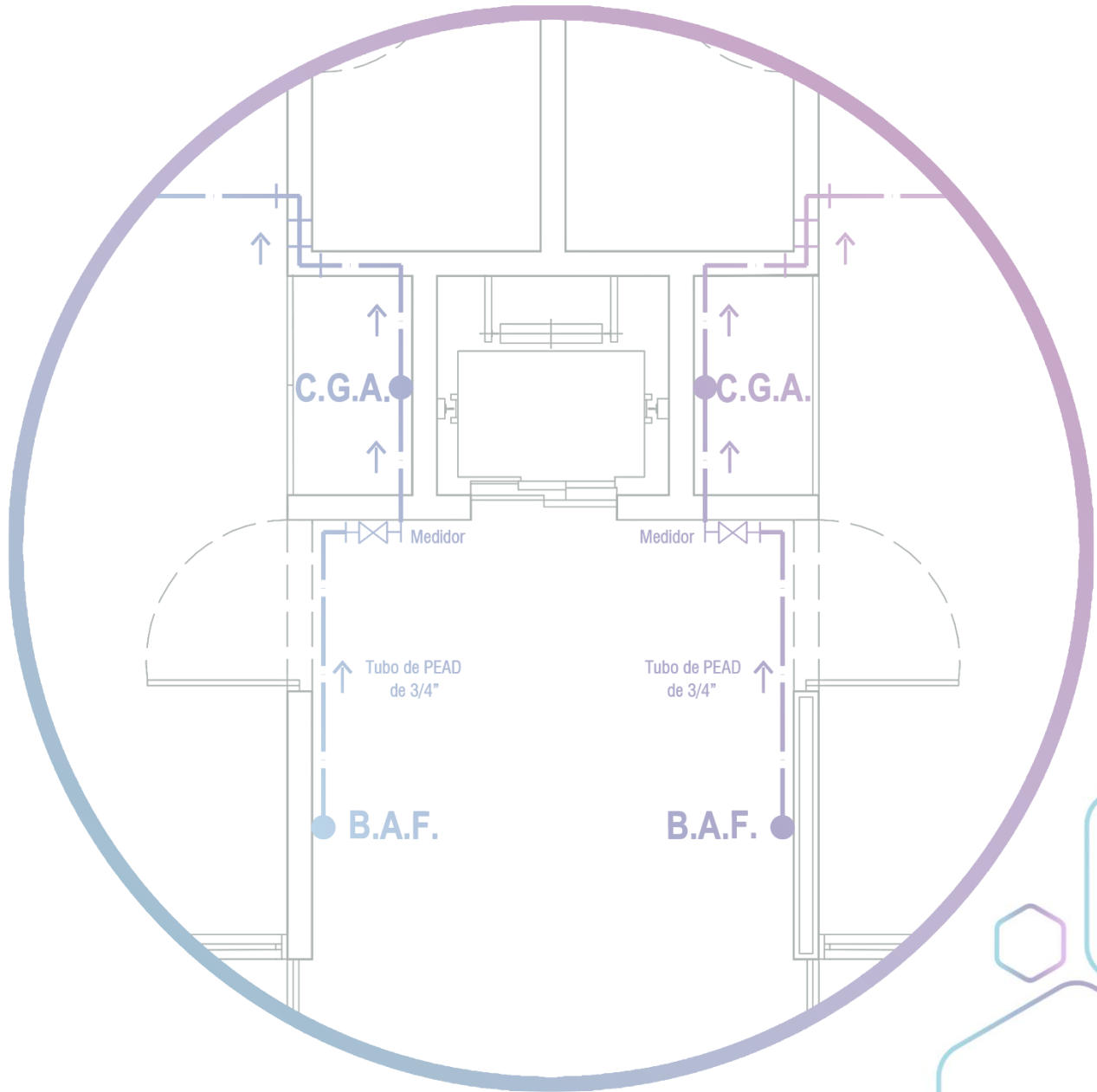


Nota: Imagen de elaboración propia



Figura 8.15 Detalle de ramal de agua de primer uso en C.G.A.

Trabajo para obtener el grado de: Maestro en Proyectos y Edificación Sustentable.



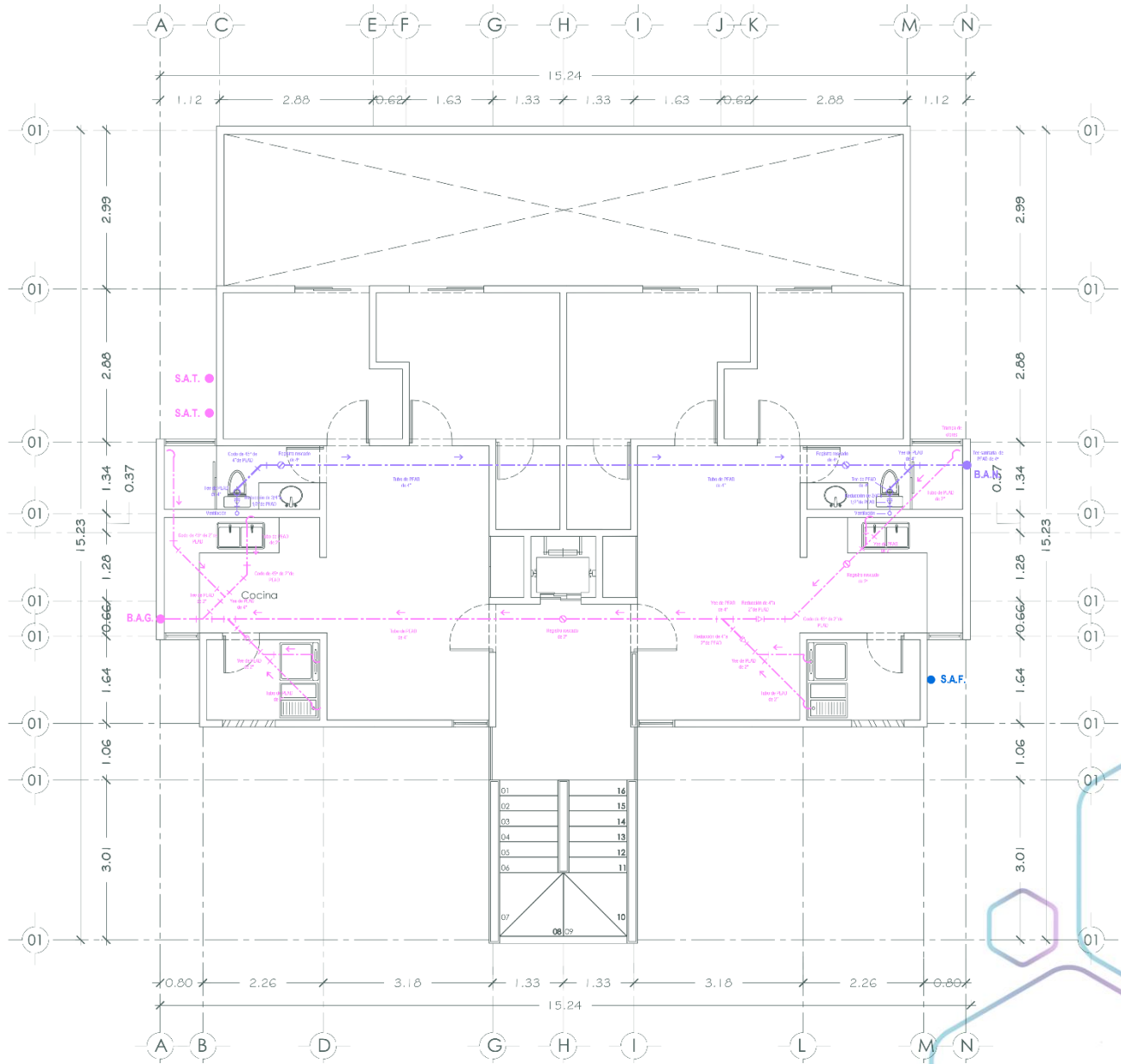
Nota: Imagen de elaboración propia



Estrategias de tratamiento de aguas grises  
en vivienda vertical mediante la implementación  
de instalaciones especiales. Caso de estudio:  
**Zona Metropolitana de Guadalajara**

Figura 8.16 Planta tipo con instalaciones de captación de aguas grises y desahogo de aguas negras

Trabajo para obtener el grado de: Maestro en Proyectos y Edificación Sustentable.



Nota: Imagen de elaboración propia

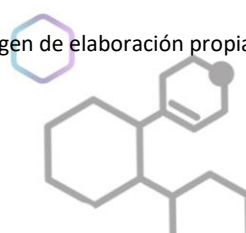
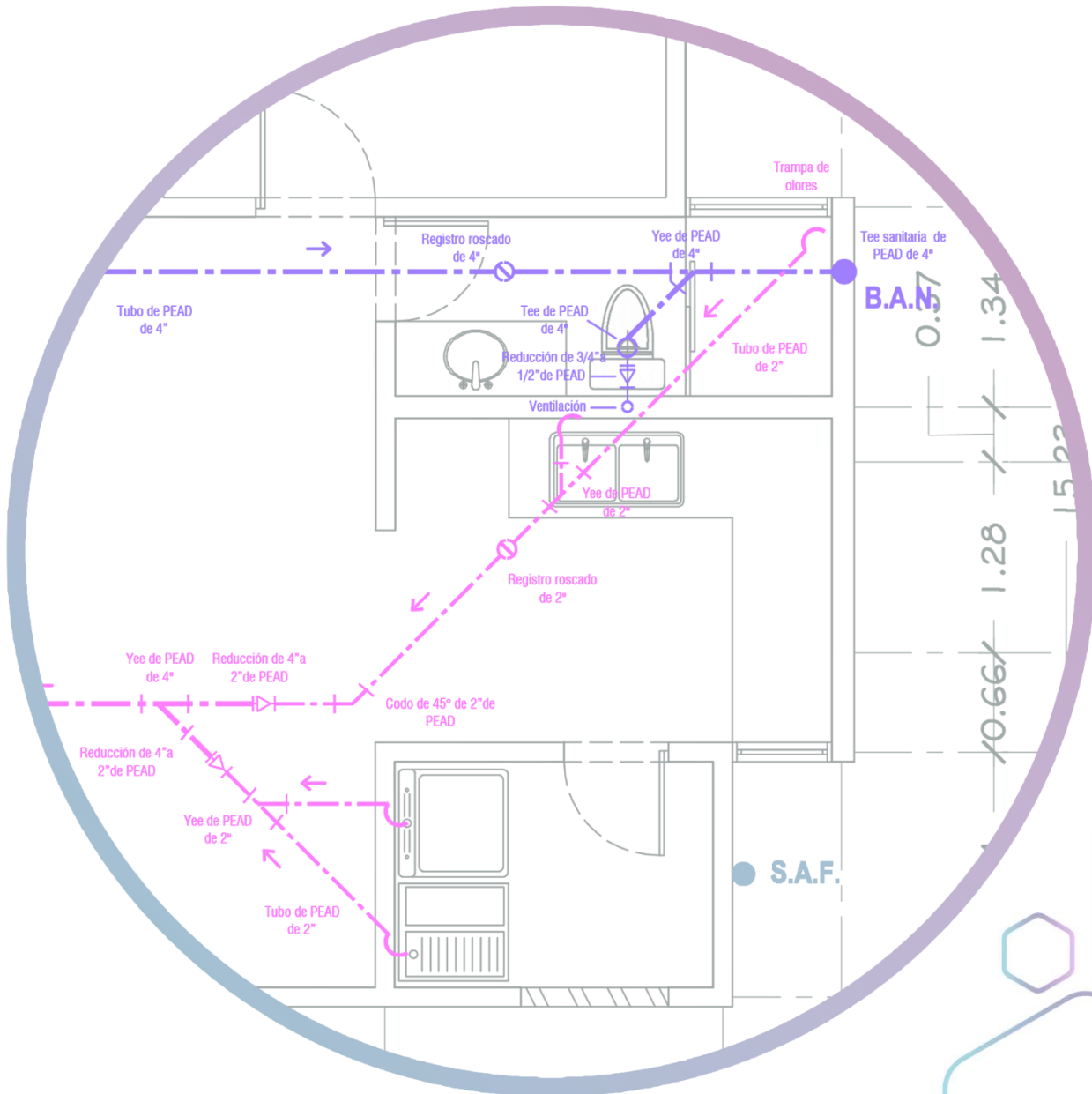


Figura 8.17 Detalle de ramal de captación de aguas grises y desahogo de aguas negras



Trabajo para obtener el grado de: Maestro en Proyectos y Edificación Sustentable.

Nota: Imagen de elaboración propia

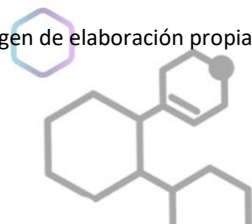
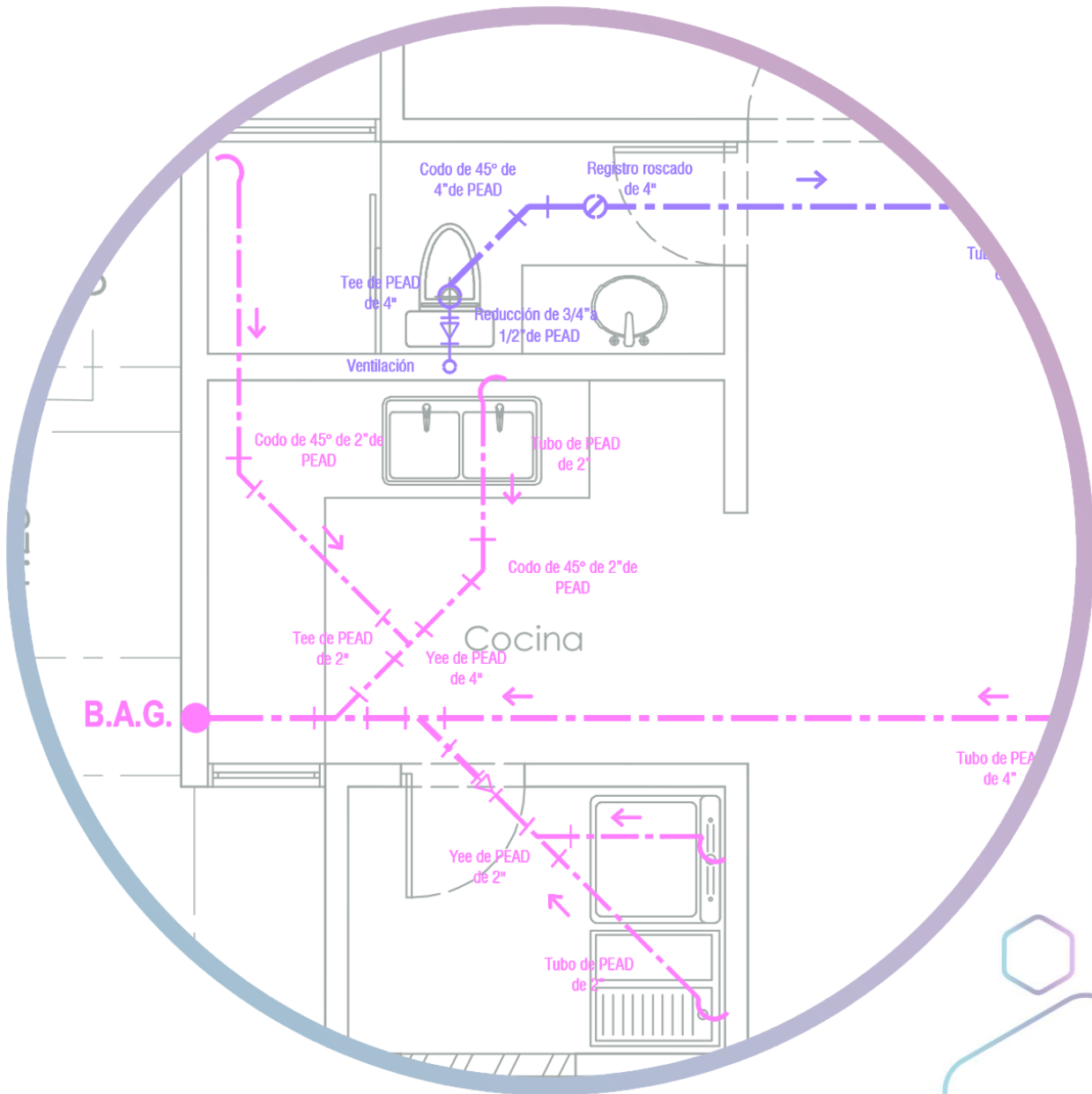
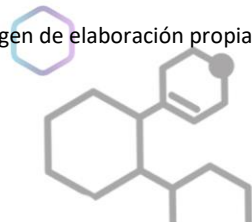


Figura 8.18 Detalle de ramal de captación de aguas grises y desahogo de aguas negras



Trabajo para obtener el grado de: Maestro en Proyectos y Edificación Sustentable.

Nota: Imagen de elaboración propia



Estrategias de tratamiento de aguas grises en vivienda vertical mediante la implementación de instalaciones especiales. Caso de estudio: Zona Metropolitana de Guadalajara



## 8.2 Conclusiones generales (Finales)

Por último y para dar por concluido el presente trabajo de investigación podemos afirmar que el resultado final obtenido **superó** las expectativas del resultado esperado, esto en función a que la información de partida con la que se contaba al momento de iniciar la investigación **NO** se encontraba actualizada en cuestión de avances científicos y tecnológico que en materia de tratamientos de aguas residuales/grises se encuentran disponibles en el mercado. Esta conclusión va en función a los **resultados** que una vez finalizadas las **etapas metodológicas** diseñadas con sus respectivas herramientas se obtuvieron y dieron **respuesta** tanto a las preguntas generadoras, hipótesis y objetivos que se plantearon al inicio del documento obteniendo así la siguiente relación. La pregunta principal con la que se dio inicio a la investigación fue:

*“¿Qué estrategias podemos implementar para reducir el consumo del agua potable dentro de la vivienda vertical de clase media?”.*

De primera instancia se buscaron **soluciones** rápidas, económicas y poco invasivas que incluso permitieran a los usuarios hacer las adaptaciones por ellos mismos como por ejemplo la instalación de perlizadores, obturadores, regaderas tipo lluvia, monomandos ecológicos y sustitución de W.C. tradicionales por ahorradores, sin embargo, con el avance de la investigación los números arrojaban un ahorro de agua **exageradamente bajo** por lo cual fueron **descartados**. Seguido de esto y por artículos relacionados a estrategias de ahorro de agua potable se llegó al tema del **“tratamiento de aguas residuales”** lo cual, y en base a la bibliografía inicial analizada prometía un ahorro de agua de primer uso de hasta **45%**, esto en función a la reutilización de estas aguas para riego y relleno de WC. Por lo que fue considerada como una opción más **viable** para desarrollar a nivel doméstico en unidades habitacionales prometiendo así una **mayor retribución** y aportación ecológico ambiental que subsane de cierta manera la huella hídrica que las edificaciones de esta índole dejan a su paso. Una vez resuelto el eje central del trabajo de investigación se planteó hipótesis principal que era:



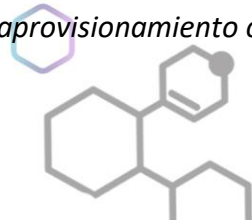


- *“La captación y tratamiento in situ de las aguas grises mediante la implementación de instalaciones especiales es técnica y económicamente viable sin poner en riesgo la salud e integridad de los usuarios, integrando los sistemas de manera armónica al diseño de las edificaciones de vivienda vertical”*

Conforme la investigación fue avanzando y en base a los resultados obtenidos del capítulo 07 “Sistemas de tratamiento de aguas grises en el mercado” esta cifra cambio drásticamente debido a que la información de arranque **NO** se encontraba **actualizada** ya que según la información emitida por las empresas analizadas actualmente y con los avances tecnológicos en sistemas de tratamiento hoy en día es posible el tratar el **100%** de las aguas residuales que se generan en la vivienda como resultado de las actividades cotidianas de los usuarios. Con esta información se dio respuesta a la segunda pregunta de investigación la cual era: ¿Qué capacidad y nivel de porcentaje de probabilidad tienen las aguas grises resultantes de las actividades dentro de la vivienda de ser tratadas y reutilizadas dentro de la vivienda para reducir el consumo de agua de primer uso?, considerando **viable** y **exitoso** la implementación de este tipo de sistemas.

Hablando en números concretos encontramos que según los resultados del monitoreo in situ se podría llegar a estar tratando un aproximado de **3,735** litros de aguas grises al día por torre (*10 unidades habitacionales*) o un acumulado anual de **1,344,888** litros de aguas grises al año, lo cual en cuestiones de sustentabilidad hídrica se consideraría un gran avance y un significativo “respiro” a las fuentes de aprovisionamiento hídrico de la ZMG. En base a las cifras arrojadas por el presente trabajo también se podría dar como **resuelto** el primer objetivo planteado en este trabajo de investigación el cual fue:

*“Dotar a las edificaciones verticales de Resiliencia Hídrica a través de la reducción del consumo de agua de primer uso mediante un Proyecto Tipo a base de la implementación de instalaciones especiales y ecotecnologías que permitan a las viviendas el poder seguir manteniendo sus actividades que involucren el uso de agua ante eventualidades y externalidades como lo son recortes o suspensión del suministro del servicio de agua potable por estrés de las fuentes de aprovisionamiento o sequías atemporales”.*



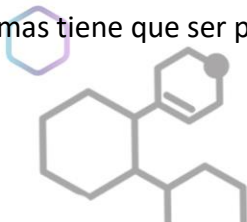


Esta aseveración va en función a que según los datos técnicos y oficiales emitidos por las empresas proveedoras de este servicio el número de ciclos completos (captación, tratamiento y reutilización) que se pueden llegar a efectuar en las aguas captadas dentro de la vivienda es **“ilimitado”** ya que el agua en esencia es considerado un “solvente” el cual y como resultado de las actividades domesticas en la que es empleado puede llegar a **contaminarse** con residuos y sustancias que comprometen su potabilidad, sin embargo los sistemas propuestos en este trabajo de investigación tiene la función de retirar el **99.9%** (según ficha técnica) de dichos residuos permitiendo así su reutilización de manera **indefinida**. Por lo tanto, la **resiliencia hídrica** planteada en el objetivo principal frente a eventualidades naturaleza o artificiales se encuentra cubierta, pudiendo resistir por **días** los cortes o reducciones del suministro de agua de entrada por parte del municipio hasta su regularización. En relación a las preguntas 02 y 03 que planteaban lo siguiente:

*¿Qué instalaciones especiales son necesarias para que las viviendas puedan captar y tratar sus aguas grises de manera eficiente y segura?*

*¿Qué requerimientos o consideración preliminares son necesarias contemplar desde el diseño para poder implementar este tipo de instalaciones?*

Se encontró que los sistemas compatibles para una integración viable de procesos de purificación fueron mediante la estructuración de un **sistema de saneamiento mixto** a base de Sistema de **tratamiento** de aguas grises **primario** a base de lodos activados en la modalidad de **aireación extendida** a base de **módulos prefabricados**, un Sistema de **purificación de aguas tratadas secundario** a base de proceso biológico de **Ósmosis Inversa** en la modalidad de **filtración de alta precisión** de 4 etapas, Filtro de sedimento, Filtro de carbón GAC, Membrana de Osmosis Inversa y Filtro de post carbón y por ultimo un Sistema de **Ultrafiltración** de aguas tratadas **complementario** (opcional) para uso exclusivo de regadera y compuesto a base de 15 capas filtrantes con distintas cualidades. Una vez que se definieron los sistemas de tratamiento exactos a implementar y se analizaron las fichas técnicas de cada uno con las especificaciones **espaciales** y de instalaciones que se requieren para su correcto funcionamiento se llegó a la conclusión que la implementación de este tipo de sistemas tiene que ser previsto de manera temprana en la etapa de diseño.





Entre las **previsiones** más esenciales que se tienen que contemplar al momento de diseñar una edificación habitacional con miras a la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales/grises es el **destinar los espacios** para el sembrado de los componentes físicos necesarios como por ejemplo el espacio necesario para el **cuerpo principal** del sistema de tratamiento primario (lodos activados) que según las especificaciones técnicas del proveedor se destinara un espacio **exclusivo** de 6.50 x 4.00 metros lineales a nivel de tierra (dimensionamiento exclusivo para el proyecto descrito de 10 unidades habitacionales) cabe mencionar que dichas dimensiones **varearan** en función al tipo de proyecto a desarrollar y al número de unidades habitacionales a suministrar el servicio. Entre otra consideración a tener en cuenta es el **situado de las cisternas**, tanto del agua de entrada como del agua tratadas, dichas medidas se establecerán dependiendo al número de usuarios a atender. Por otro lado, será impórtate reservar los espacios necesarios para las **hidro bombas** que los sistemas requieren para la circulación de las distintas aguas dentro de la vivienda.

Por ultimo y no menos importante será esencial la contemplación de una diferenciación de aguas residuales correcta, es decir separar las aguas provenientes del W.C. del resto de aguas residuales, diseñando el entramado de ramales correcto que lleven las aguas negras a la red pública y las aguas grises directo al sistema para su tratamiento. En conclusión, se dio respuesta a las necesidades espaciales que este tipo de sistemas requieren en el terreno de la edificación destacando que es estrictamente necesario dejar sentado desde el diseño las disposiciones mínimas para el correcto funcionamiento del sistema. Así mismo con esta información se pudo calificar como “verdadera” la hipótesis 03 y 04 que mencionaba lo siguiente:

*“Las viviendas no reutilizan sus aguas grises por falta de prospección de instalaciones especiales en sus edificaciones al momento de ser diseñadas”*

*“Las edificaciones no están siendo dotadas de sistemas de tratamiento de aguas residuales por falta de información técnica y normativa en torno al tema que les de certeza i viabilidad al momento de implementarlas”*





En términos de normativa y como se señaló en el capítulo 07 “Sistemas de tratamiento de aguas grises en el mercado” se evidenciaron los **vacios y lagunas legales** que giran en torno al tema de tratamiento de aguas grises así como su desactualización, en donde de primera instancia podemos señalar que dicha normativa es **inexistente** debido a que la única normativa aplicable **NO** está dirigida en específico a las aguas grises. Para **enfatizar** dicha problemática es importante señalar que la NOM-127-SSA1-2021 en su actualización y en uno de sus apartados señala como tal que las aguas para contacto y consumo humano **NO pueden tener su origen en aguas residuales tratadas**, volviendo los sistemas de tratamiento propuestos **“alegales”** en caso de implementarlos para uso y consumo humano, esto a pesar de la postura de las empresas al señalar que las aguas resultantes de sus procesos de potabilización **alcanzan perfectamente** los requerimientos mínimos solicitados por dicha norma y que incluso pueden ofrecer agua de **calidad superior** a la mencionada en dicha norma. Esto siempre respaldado de manera **oficial** mediante **análisis de laboratorio** ajenos a la empresa en cuestión y aprobada por la COFEPRIS para asegurar la **fiabilidad** de los resultados y a través de una **“Entidad de metodología autorizada”** (EMA), las cuales implementaran una metodología de evaluación de riesgos (PLD) la cual tendrá que presentar un resultado de **“no riesgo”**. Cabe señalar que estas entidades tienen que estar reguladas y autorizadas por **COFEPRIS**. De igual manera y con lo anterior mencionado podemos dar como **“cumplido”** el objetivo 03 del presente trabajo el cual buscaba lo siguiente:

*“Determinar cuáles son las instalaciones especiales necesarias, idóneas y asequibles para el tratamiento y reutilización de aguas grises en la vivienda en base a su composición física, química, microbiológica, organoléptica y radioactiva en función a los límites permisibles establecidos y actualizados por los proveedores de este servicio y que garantice la calidad de agua que se estará suministrando para uso y manejos por parte de los usuarios sea considerada de contacto directo sin repercusiones.”*





Seguido de esto y gracias al capítulo 07 “sistema de tratamientos de aguas grises en el mercado” se pudo dar respuesta de manera específica a la pregunta de investigación 04 la cual era la siguiente:

*¿Qué tan asequibles son este tipo de instalaciones para viviendas verticales de clase media y cuáles son los posibles esquemas de financiamiento para poder ser adquiridos?*

Hablando en términos de **factor económico** y una vez determinados todos los sistemas de tratamiento a implementar se pudo establecer el **costo total y unitario** necesario para poder acceder a estas tecnologías. La inversión requerida que se estableció da un total de **\$508,437.50.00 MXN** (esto incluye los 2 sistemas propuestos, tratamiento de aguas grises, purificación y ultrafiltrado), esto no incluye reposición de consumibles. Esta cantidad se diluye al dividirse entre las 10 unidades habitacionales que estarán disponiendo de las aguas tratadas arrojando una **inversión compartida** de **\$50,843.75.00 MXN** por cada una de las unidades habitacionales, lo cual se estará integrando al **crédito hipotecario** del costo total de la vivienda. De esta manera se garantiza que la **asequibilidad** por adquisición **compartida** estará al alcance de la población/clientes de clase media a la cual está dirigido el presente trabajo de investigación. Cabe señalar que este coste estará **diluido** en el **costo total** de la vivienda en donde el **método de pago** (de contado o por crédito hipotecario) será seleccionado por los compradores al momento de adquirir la vivienda. El precio anteriormente mencionado es **único y exclusivo** de los sistemas de tratamiento adquiridos sin embargo los costos **“extras”** generados por la adquisición de cisternas, tinacos, motobombas así como los gatos por las tuberías para diferenciación de aguas residuales **NO** se contemplaron en el cálculo del coste debido a que estos **NO** serán fijos y estarán variando dependiendo del prototipo de edificación, número de unidades habitacionales y número de usuarios por vivienda, sin embargo y al igual que el sistema de tratamiento en si estarán diluidos en el **costo total de la vivienda**. Seguido de esto y gracias al capítulo 03 en su apartado “Marco Normativo” se pudo dar respuesta de manera puntual a la pregunta de investigación 05 la cual era la siguiente:





*¿Qué calidad y requerimientos deben cumplir las aguas grises tratadas para que puedan cumplir con las Normas Mexicanas en materia de aguas de consumo y poder ser reutilizadas dentro de la vivienda?*

Después del análisis bibliográfico se determinaron que las **normas aplicables** para este tipo de sistemas de tratamiento en cuanto a calidad para uso y consumo humano son **inexistentes**, pero aun así se seleccionaron aquellas que establecían los requerimientos mínimos y aceptables que un agua debe tener para el contacto y consumo humano, las cuales fueron:

- Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997
- Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021
- Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002

De estas la **NOM-127-SSA1-2021** se seleccionó como la calidad de agua ideal en cuanto a calidad buscada, debido a que los requerimientos mínimos que esta ley estipula dotan al agua de una calidad de agua apta incluso para **consumo humano** ya que esta norma está enfocada a regular y monitorear la **calidad del agua** que ofertan cualquier sistema de tratamiento y que son suministradas a los consumidores o usuarios finales, esto con la finalidad de evitar y **reducir al mínimo la transmisión de enfermedades** gastrointestinales y otras. La presente norma específica que las aguas para contacto y consumo humano **NO** pueden provenir de aguas tratadas, sin embargo, menciona que en caso de ser provenientes de una fuente de abastecimiento de este tipo se tendrá que presentar un compendio de **paquetes de información** que justifique a base de estudios de alta calidad y pruebas de tratabilidad a nivel laboratorio en donde se asegure (con sus respectivas responsabilidades legales/sociales) que la calidad del agua suministrada **NO compromete la salud de los usuarios**. Todo lo anterior respaldado por un documento avalado por una **“Entidad de metodología autorizada”** (EMA), las cuales implementaran una metodología de evaluación de riesgos (PLD) la cual tendrá que presentar un resultado de **“no riesgo”**.

Por ultimo y para dar termino a las conclusiones finales y gracias al capítulo 05 “Consumos de agua potable en la vivienda” en su apartado “Hábitos de consumo de agua potable en





caso de estudio” se pudo dar respuesta a la pregunta de investigación 06 la cual era la siguiente:

*¿Cuáles son los hábitos de consumo por parte de los habitantes de la vivienda con respecto al agua de primer uso que implementan en sus actividades cotidianas?*

Cabe destacar que si bien se pudo tener una **perspectiva** más amplia acerca de los hábitos de consumo que se pueden presentar en las viviendas fue muy **difícil** abordar dicho tema debido al nivel de **complejidad** y **personalización** que cada usuario reporto. Así mismo es importante señalar que este apartado solo presenta resultados de referencia mas no absolutos, esto debido a que los hábitos de consumo de agua potable de una persona estarán completamente condicionados y pueden **variar significativamente** según la región, la disponibilidad de agua, el tamaño de la familia, las prácticas culturales, las condiciones climáticas y las prácticas individuales sin embargo fue posible detectar factores, elementos y detonantes que acrecentaban los consumo por parte de los usuarios como lo fueron:

- Perfiles de usuario (grado académico, actividades deportivas, edad, sexo, estado de salud etc.)
- Hábitos de higiene personal (Corporales y de entorno)
- Trastornos obsesivos compulsivos
- Mobiliario hídrico a su disposición
- Nivel de conciencia ecológica
- Información de estrategias del cuidado del agua

Derivado de lo anterior mencionado se pudo establecer que por lo menos en los perfiles de usuario analizados los hábitos de consumo por parte de ellos se pueden calificar como **regulares/malos**, esto debido a que independientemente de **NO** contar con elementos y muebles hídricos ahorradores tienen rutinas de consumo de agua **prolongados** y **desmesurados** que rozan en el **consumismo irracional**, esto debido al considerar que los recursos de agua actuales son bastos y suficientes, lo cual dista de la situación real.





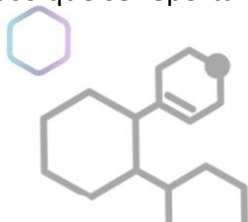
Lo anterior mencionado y toda la información presentada en el dicho capítulo permite catalogar como **“verdadera”** la hipótesis 05 la cual era la siguiente:

*“Las malas prácticas y hábitos de consumo por parte de los usuarios acrecientan el alto consumo de agua potable en la vivienda”*

Al mismo tiempo y de igual manera con esa misma información también se pudo dar como **“cumplido”** el objetivo 04 el cual era el siguiente:

*“Identificar la dinámica de los hábitos de consumo de agua provenientes de las actividades dentro del hogar, así como de los estilos de vida que se relacionan directamente entre sí, todo esto con la finalidad de poder entender el porqué de las cifras obtenidas del monitoreo continuo”.*

Una vez presentada la información anterior podemos concluir que si bien el presente trabajo de investigación representa un **significativo avance** y un paso más hacia la **resiliencia hídrica** es de vital importancia la participación activa y constante de varios **actores clave** en sus distintos niveles de influencia para obtener los mejores resultados posibles, dichos actores son desde **legisladores** de política pública que promuevan la **actualización** de las normas mexicanas (NOMS) actuales en referencia de calidad de agua para consumo humano así como promover la **inserción** de normativa específica para aguas residuales domésticas/grises. Por otro lado será importante la participación de constructoras, desarrolladoras, arquitectos, ingenieros o cualquier personal dedicado al diseño y construcción de vivienda para comenzar la incursión de **sistemas de tratamiento** de aguas residuales domésticas en sus edificaciones ya que si bien se pudo evidenciar en esta investigación el problema **NO** es la **oferta** de estos sistemas en el mercado si no el poco decoro y difusión que estas se tienen en el medio, así como el tabú de que este tipo de sistemas representan un **alza al coste** de la edificación, lo cual mediante **adquisición compartida** como se manejó en el presente trabajo se puede resolver. Por último y no menos importante la **concientización** por parte de los **usuarios** para que mediante la modificación de sus **hábitos de consumo** puedan **reducir** los **altos** volúmenes de agua de primer uso que se reportaron en el presente trabajo de investigación.





### 8.3 Propuestas de investigación futura

Si bien una vez finalizado el presente trabajo de investigación podemos considerar los resultados obtenidos como **“exitosos y favorables”** durante el desarrollo de la misma se detectaron **áreas de oportunidad**, por lo tanto y con la finalidad de no dejar inconcluso la estructura propuesta de este trabajo de investigación se plantea una serie de recomendaciones y complementos para **futuros investigadores** que quisieran dar **continuidad** al tema, entre estas podemos encontrar lo siguiente:

#### Incrementar el tamaño de la muestra estadística

Si bien una de las finalidades al **delimitar** los casos de estudio fue propiciar que las ubicaciones se encontraban **dispersas** en la ZMG para **enriquecer** con los diversos perfiles de usuario y hábitos de consumo de agua de primer uso, sin embargo una vez finalizada la investigación se detectaron algunos **valores dinámicos** de los casos de estudio analizados las cuales fueron: el 60% de los casos de estudio se conformaban de núcleos familiares de dos integrantes, el 75% de los casos de estudio tenían edades que oscilaban entre 25 y 35 años, solo dos casos de estudio contaban con menores de edad, solo tres casos de estudio contaban con integrantes mayores de edad y todos los casos se encontraban dentro de la clase social media/media alta (clase social pretendida por el presente trabajo de investigación). Por lo tanto y con la finalidad de **extender** el tamaño de la muestra analizada y brindar más **certeza y veracidad** a las cifras presentadas se propone el análisis de **más** casos de estudio (el número será determinado por el investigador), dicho incremento puede tener **dos vertientes**, la primera es mediante al análisis de más casos de estudio **exactamente iguales** a los presentados en este trabajo de investigación con la finalidad de **reforzar** los hallazgos ya presentados o la segunda opción es el análisis de casos de estudio completamente **distintos** a los ya analizados, esto con la finalidad de **diversificar** los indicadores analizados y realizar una **comparativa** entre muestras para ver como dichas variaciones repercutieron y se vieron reflejados en los **resultados finales**.





### Diseño del “Manual de buenas prácticas”

Si bien este fue uno de los objetivos iniciales y el cual cobró mayor peso y relevancia una vez finalizados los capítulos 05 “Consumos de agua potable en la vivienda”, 06 “Generación de aguas grises en la vivienda y 07 “ Sistemas de tratamiento de aguas grises en el mercado” fue la necesidad de diseñar un “Manual de buenas prácticas” que girara en torno a una serie de **recomendaciones específicas** de las maneras “**correctas y sustentables**” de llevar a cabo las actividades cotidianas dentro del hogar que involucren la utilización de agua de primer uso, es decir realizar **sugerencias puntuales** por ejemplo al hacer uso de la regadera el tiempo sugerido por sesión, la alternancia de llaves entre el enjabonado y el enjuagado, el captar el agua fría en lo que sale el agua caliente entre otras, así mismo sugerencias en otras áreas húmedas de la casa como por ejemplo en la implementación de W.C ecológicos de doble descarga y su utilización correcta, el vertido correcto de desechos en el W.C., alternancia de llaves entre el enjabonado y el enjuagado al hacer uso del lavamanos, separación de sólidos y grasas al momento de hacer uso de la tarja entre muchas otras sugerencias que podrían ayudar de manera **pasiva** (y sin inversión económica) a la **reducción** del agua de primer uso dentro de la vivienda.

De igual manera se contemplaba en dicho manual un listado con **sugerencias de productos ecológicamente amigables** para la sustitución de los que actualmente se implementan y que se reportaron en el presente trabajo de investigación, los cuales si bien no son **nocivos** para el uso y manipulación por parte de los usuarios si representan **fuentes de contaminación** para las aguas de primer uso, que si bien y según **especificaciones** de los proveedores de sistemas de tratamiento de aguas residuales domesticas aun con la presencia de estas aguas jabonosas las aguas captadas pueden ser tratadas al **99.9% SI** representan un **sobreesfuerzo** para los sistemas de tratamiento e incluso pueden llegar a representar cierto **riesgo** para los sistemas de lodos activados y sus **comunidades bacterianas**. Por lo tanto, la **sustitución** de materiales químicos de **limpieza** de manera paulatina también representa un aporte **significativo** en materia de tratamiento de aguas residuales domésticas. El único **inconveniente** que de manera preliminar se puede detectar es el **coste económico** que estos tienen frente al coste de los productos tradicionales





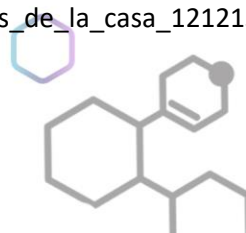
## Bibliografía

- Allen, L. (2015). *Manual de diseño para el manejo de aguas grises*. GreyWater Action. Obtenido de <https://greywateraction.org/wp-content/uploads/2014/11/finalGWmanual-esp-5-29-15.pdf>
- Ardila, J. C. (28 de Mayo de 2014). Aplicación electrónica para el ahorro del agua en una vivienda unifamiliar. *Entramado*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2654/265433711021.pdf>
- Borunda, H. A. (17 de Mayo de 2019). *Conecta Tecnológico de Monterrey*. Obtenido de Profesor del Tec diseña vivienda que recicla hasta el 90% de agua: <https://conecta.tec.mx/es/noticias/nacional/investigacion/profesor-del-tec-disena-vivienda-que-recicla-hasta-el-90-de-agua>
- CEMDA. (2006). *El agua en México: lo que todas y todos debemos saber*. D.F.: A Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. Obtenido de [https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2011/12/agua-mexico\\_001.pdf](https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2011/12/agua-mexico_001.pdf)
- Chiquimula, G. d. (2018). *Memoria descriptiva del cálculo de integracion de caudales*. Esquipulas: Municipalidad de Esquipulas.
- CONAFOVI. (2005). Guía para el uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales. En C. N. Vivienda, *Guía para el uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales* (pág. 68). México, DF.
- CONAGUA. (2019). *Diagnóstico de calidad del agua de la Región Hidrológica Lerma Santiago Pacífico*. Subdirección General Técnica / Gerencia de Calidad del Agua .
- CONAGUA. (2019). *Estadísticas del agua en México*. Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Obtenido de [https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM\\_2019.pdf](https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2019.pdf)
- CONAGUA. (2019). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento; Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado*. Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONAGUA, C. N. (2012). Agua en el Mundo. *Estadísticas del Agua en México, 2011*. México, DF, México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado el Octubre de 2022, de [http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/documentos/sina/capitulo\\_8.pdf](http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/documentos/sina/capitulo_8.pdf)
- CONAPO, V. P. (2008). *Proyecciones de los hogares y las viviendas de México y de las entidades federativas, 2005-2050*. CONAPO. Recuperado el Octubre de 2022, de [http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/hogares\\_viviendas/hogares.pdf](http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/hogares_viviendas/hogares.pdf)





- Corvo, H. S. (Enero de 2021). *Instalaciones especiales*. Lifeder. Obtenido de <https://www.lifeder.com/instalaciones-especiales/>
- Darcy, V. T. (2008). *Escuelas de pensamiento ecológico en las Ciencias Sociales” Estudios Sociales*. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/estsoc/v16n32/v16n32a8.pdf>
- Eco-Intellutions. (31 de 01 de 2019). *Plantas de tratamiento de agua soluciones sustentables*. Obtenido de Aguas residuales: Cuáles son sus 7 principales contaminantes: <https://eointell.com.mx/plantas-de-tratamiento-de-agua/aguas-residuales-cuales-son-sus-7-principales-contaminantes>
- Ecomar. (09 de Julio de 2020). *¿Qué son las aguas residuales?* Obtenido de <https://fundacionecomar.org/que-son-las-aguas-residuales/>
- Estate, 4. R. (10 de Abril de 2023). *El Economista*. Obtenido de EconoHábitat: <https://www.economista.com.mx/econohabitat/Venta-de-vivienda-vertical-registro-colocacion-historica-durante-el-2022-20230408-0024.html>
- FAO. (2022). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de Servicios ecosistémicos y biodiversidad: <https://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>
- FCEA. (2017). *Agua.Org.Mx*. Recuperado el Octubre de 2022, de Todo sobre el agua: <https://agua.org.mx/>
- FCEA. (2022). *Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C*. Obtenido de <https://agua.org.mx/>
- Godet, M. (2007). *Prospectiva Estratégica : problemas y métodos*. Donostia-San Sebastián, Gipuskoa , España: Prospektiker.
- Hernández, J. M. (2004). *Sociedades rurales y naturaleza*. México: ITESO. Recuperado el Septiembre de 2022, de <http://hdl.handle.net/11117/386>
- INEGI. (2020). *Viviendas particulares habitadas por entidad federativa según disponibilidad de servicios, serie de años censales de 2000 a 2020*. Obtenido de Programas de Información: [https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=Vivienda\\_Vivienda\\_04\\_1fb94584-4816-4435-a1b7-4689b8d2ee81](https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=Vivienda_Vivienda_04_1fb94584-4816-4435-a1b7-4689b8d2ee81)
- INEGI. (2021). *Estadísticas experimentales. Cuantificando la Clase Media en México 2010 - 2020*. México. Recuperado el Octubre de 2022, de [https://www.inegi.org.mx/contenidos/investigacion/cmedia/doc/cm\\_desarrollo.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/investigacion/cmedia/doc/cm_desarrollo.pdf)
- Kunitsuka, I. (12 de Agosto de 2015). *Volvamos a la fuente: Agua, saneamiento y residuos sólidos*. Obtenido de ¿Cuánta agua consumes realmente por día?: <https://blogs.iadb.org/agua/es/cuanta-agua-consumes-realmente-por-dia/>
- Mariani, C. (2008). *Las instalaciones sanitarias de la casa*. Lima, Perú: Sinco Editores. Obtenido de [https://www.academia.edu/25834788/Manual\\_de\\_albanileria\\_las\\_instalaciones\\_sanitaria\\_s\\_de\\_la\\_casa\\_121213110822\\_phpapp](https://www.academia.edu/25834788/Manual_de_albanileria_las_instalaciones_sanitaria_s_de_la_casa_121213110822_phpapp)





- Maritza Cedeño, M. M. (Julio de 2021). Análisis de la generación de aguas grises en los hogares y evaluación de sistemas de tratamiento. *Revista de Iniciación Científica*, 7, 65-71.  
doi:<https://doi.org/10.33412/rev-ric.v7.0.3254>
- Montilla, M. C. (2015). *Un uso eficiente del agua doméstica: tratamiento de las aguas grises*. Universidad de Sevilla.
- NOM-003-ECOL-1997. (1997). Diario Oficial de la federación . *Límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público*. Ciudad de México, México: Secretaría de Trabajo y Previsión Social.
- NOM-127-SSA1-2021. (2021). Salud ambiental. *Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización*. Ciudad de México, México. Obtenido de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=2063863&fecha=31/12/1969#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2063863&fecha=31/12/1969#gsc.tab=0)
- NOM-230-SSA1-2002. (2003). Diario Oficial de la Federación. *Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua*. . Ciudad de México, México: Secretaria de Salud.
- Oca, J. M. (Julio de 2015). *Que es el Consumo*. Economipedia. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/consumo.html>
- ONU. (Marzo de 2011). Folleto informativo N° 35. *El Derecho al Agua*. Geneva, United Nations.
- ONU. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado el Octubre de 2022, de Objetivo 6: Agua Limpia y Saneamiento: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- ONU, O. d. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado el Octubre de 2022, de Objetivo 6: Agua Limpia y Saneamiento: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Peiró, R. (Junio de 2020). *El Usuario*. Economipedia. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/usuario.html>
- REPDA. (2020). *CONAGUA*. Obtenido de Registro Público de Derechos de Agua: <https://www.gob.mx/conagua/documentos/registro-publico-de-derechos-de-agua-repda-2019>
- Sanaté. (17 de Abril de 2024). *Sanaté*. Obtenido de Sanaté: [sanatefiltros.com](http://sanatefiltros.com)
- SIAPA. (2014). Lineamientos técnicos de factibilidad. *Criterios básicos de diseño*. Obtenido de [http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo\\_1.\\_criterios\\_basicos\\_de\\_diseno.pdf](http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_1._criterios_basicos_de_diseno.pdf)
- SIAPA. (2021). *Informe de Actividades y resultados*. Gualaajara: Gobierno del Estado de Jalisco. Recuperado el 2022, de [https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/13.-\\_informe\\_actividades\\_siapa\\_anual\\_2021.pdf](https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/13.-_informe_actividades_siapa_anual_2021.pdf)
- SIAPA. (2023). *Reporte de actividades y resultados*. Guadalajara: Gobierno del estado de Jalisco.





- Terán, J. M. (2013). *Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario*. Universidad Veracruzana.
- UNESCO, O. (2020). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Paris: UNESCO.
- Villareal, F. G. (2022). *Perspectivas del Agua en México. Propuestas hacia la seguridad hídrica*. México: UNAM / CERSHI / UNESCO / Agua Capital. Recuperado el Octubre de 2022, de <https://aguacapital.org/Perspectivas-del-Agua-en-Mexico.pdf> Enlaces a un sitio externo.
- WATER, U. (2003). *Organización de las Naciones Unidas*. Obtenido de ONU - Agua: <https://unwater.org/>
- WHO, W. H. (2003). *Right to water*. Francia. Recuperado el Octubre de 2022, de [https://www2.ohchr.org/english/issues/water/docs/Right\\_to\\_water.pdf](https://www2.ohchr.org/english/issues/water/docs/Right_to_water.pdf)
- WWAP, P. M. (2017). *Agua residuales: Un recurso desaprovechado*. UNESCO, Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Paris, Francia: ONU - Agua. Obtenido de <https://aneas.com.mx/wp-content/uploads/filr/16080/Informe%20Mundial%20del%20Agua%202017.pdf>
- WWAP, P. M. (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas residuales: El recurso desaprovechado. UNESCO, París.
- Zambrano, J. L. (2015). *Análisis de la reutilización de las aguas grises en edificaciones domiciliarias*. Universidad de especialidades "Espiritu Santo" .
- Zambrano, J. L. (2015). *Análisis de la reutilización de las aguas grises en edificaciones domiciliarias*. Samborondón: Universidad de especialidades espíritu santo .





Índice de Figuras

Figura 1.1: Objetivo de Desarrollo Sustentable 06 .....	12
Figura 1.2: Servicios Ecosistémicos .....	13
Figura 1.3: Contaminación ambiental por aguas residuales .....	15
Figura 1.4: Modelo digital de E.coli .....	17
Figura 1.5: Ingresos del hogar por clase, promedio mensual .....	18
Figura 1.6: Cuadro de operacionalización de variables .....	41
Figura 1.7: Etapas metodológicas .....	42
Figura 1.8: Cronograma de trabajo .....	43
Figura 2.1: Afectaciones por sequia .....	45
Figura 2.2: Distribución del agua potable por usos .....	46
Figura 2.3: Distribución de las fuentes de consumo hídrico .....	47
Figura 2.4. Porcentajes de usos del agua .....	51
Figura 2.5: cobertura de servicio de agua entubada a nivel nacional .....	52
Figura 2.6: Relación de incremento en la edificación y ventas de unidades verticales en el mercado inmobiliario 2021 / 2022 .....	54
Figura 2.7: Volúmenes extraídos de fuentes de abastecimiento .....	55
Figura 2.8: Padrón de usuarios registrados ante el organismo .....	56
Figura 2.9: Padrón por tipo de usuario .....	57
Figura 3.1 Resultados de calidad de agua en México, monitoreo CONAGUA 2018 .....	62
Figura 3.2: Caudal de aguas residuales municipales tratadas (m3/s) .....	68
Figura 4.1: Ubicación de casos de estudio en mapa de la ZMG .....	92
Figura 4.2 Planta arquitectónica tipo de las viviendas analizadas .....	101
Figura 4.3: Zonas húmedas dentro de la vivienda y salidas de agua potable .....	103
Figura 4.4: Resultados de la percepción de los entrevistados al cambio climático .....	105
Figura 4.5: Resultados de la percepción de los entrevistados al estado de agua en México .....	106
Figura 4.6: Resultados del Top 4 de recursos dentro de la vivienda según usuarios .....	108
Figura 4.7: Percepción de los entrevistados con la calidad del servicio	





y agua recibida en su vivienda .....	110
Figura 4.8: Nivel de jerarquización para medir la calidad del agua por parte de los usuarios en la vivienda .....	111
Figura 4.9: Estrategias ante eventualidades más comunes .....	112
Figura 4.10: Nivel de conocimiento del término “aguas residuales” y su diferenciación con las “aguas grises” .....	115
Figura 4.11: Nivel de aceptación a la reutilización de aguas residuales .....	116
Figura 4.12: Nivel de aceptación a la reutilización de aguas grises posterior a plática informativa .....	117
Figura 4.13: Indicadores de inquietudes por parte de los usuarios a los sistemas de tratamiento .....	119
Figura 4.14: Nivel de aceptación de zonas para reutilización de aguas grises .....	121
Figura 5.1 Medidores de caudal instalados en los casos de estudio .....	127
Figura 5.2 Formato de registro de información para consumos de agua potable .....	128
Figura 5.3 Promedios de consumo de agua potable en la vivienda especulativo/monitoreo .....	130
Figura 5.4 Comparativa de picos máximos registrados mediante monitoreo continuo .....	131
Figura 5.5 Comparativa de máximos, mínimos y promedios obtenidos mediante especulación .....	132
Figura 5.6 Comparativa de máximos, mínimos y promedios obtenidos mediante monitoreo continuo .....	132
Figura 5.7 Promedios de consumo de agua potable por usuario especulación/monitoreo .....	133
Figura 5.8 Porcentuales de consumo de agua en las áreas de la vivienda .....	135
Figura 5.9 Imagen de referencia a la actividad de ducha en regadera .....	138
Figura 5.10 Promedios de consumo de agua potable en la regadera vivienda/usuario .....	140
Figura 5.11 Comparativa de picos máximos registrados mediante monitoreo continuo en el área de la regadera .....	141
Figura 5.12 Comparativa de máximos, mínimos y promedios obtenidos mediante monitoreo en el área de la regadera .....	142
Figura 5.13 Imagen de referencia a la actividad de lavandería .....	144

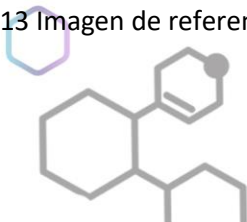




Figura 5.14 Promedios de consumo de agua potable en el área de lavado vivienda/sesión .....	146
Figura 5.15 Comparativa de picos máximos registrados mediante monitoreo continuo en el área de lavado .....	147
Figura 5.16 Comparativa de máximos, mínimos y promedios obtenidos mediante monitoreo en el área de lavandería .....	148
Figura 5.17 Imagen de referencia a la actividad en el WC .....	150
Figura 5.18 Promedios de consumo de agua potable en el área de lavado vivienda/usuario .....	152
Figura 5.19 Comparativa de picos máximos registrados mediante monitoreo continuo en el área de lavado .....	153
Figura 5.20 Comparativa de máximos, mínimos y promedios obtenidos mediante monitoreo en el área de lavandería .....	154
Figura 5.21 Imagen de referencia a la actividad en lavamanos .....	156
Figura 5.22 Promedios de consumo de agua potable en el área de lavamanos vivienda/usuario .....	158
Figura 5.23 Comparativa de picos máximos registrados mediante monitoreo continuo en el área de lavamanos .....	159
Figura 5.24 Comparativa de máximos, mínimos y promedios obtenidos mediante monitoreo en el área de lavamanos .....	160
Figura 5.25 Imagen de referencia a la actividad en tarja .....	162
Figura 5.26 Promedios de consumo de agua potable en el área de tarja vivienda/usuario .....	164
Figura 5.27 Comparativa de picos máximos registrados mediante monitoreo continuo en el área de tarja .....	165
Figura 5.28 Comparativa de máximos, mínimos y promedios obtenidos mediante monitoreo en el área de tarja .....	166
Figura 5.29 Resumen de hábitos de consumo en la zona de la regadera .....	169
Figura 5.30 Resumen de hábitos de consumo en la zona del cuarto de lavado .....	170
Figura 5.31 Resumen de hábitos de consumo en la zona del sanitario .....	171
Figura 5.32 Resumen de hábitos de consumo en la zona del lavamanos .....	172
Figura 5.33 Resumen de hábitos de consumo en la zona de tarja .....	173

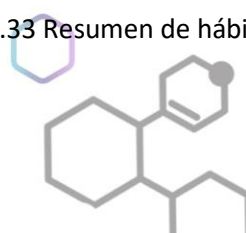
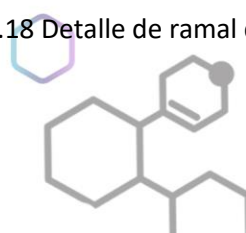




Figura 5.34 Resumen de consumos de agua potable según distintas fuentes .....	175
Figura 6.01 Volumen total de aguas residuales producidas en la vivienda .....	180
Figura 6.02 Volumen total de aguas grises generadas por día/mes/año .....	181
Figura 6.3 Zonas de implementación en la vivienda .....	183
Figura 7.1 Empresas seleccionadas para análisis de indicadores .....	192
Figura 7.2 Ranking de compatibilidad de las empresas analizadas .....	194
Figura 7.3 Empresas seleccionadas para análisis de indicadores .....	201
Figura 7.4 Ranking de compatibilidad de las empresas analizadas .....	203
Figura 8.1 Detalle de conexiones SIAPA / Cisterna / motobomba .....	216
Figura 8.2 Detalle de instalación hidráulica de agua de primer uso .....	218
Figura 8.3 Detalle de instalación de captación de aguas grises .....	219
Figura 8.4 Detalle de instalación del sistema de tratamiento primario .....	221
Figura 8.5 Detalle de instalación de cisterna secundaria y sistema de bombeo .....	222
Figura 8.6 Diagrama de flujo del sistema de tratamiento integrado .....	224
Figura 8.7 Planta Arquitectónica Baja .....	225
Figura 8.8 Planta de Conjunto .....	226
Figura 8.9 Planta “Tipo” de unidad departamental .....	227
Figura 8.10 Simbología de instalaciones .....	228
Figura 8.11 Planta baja de instalaciones de agua de entrada y captación de aguas grises y negras .....	229
Figura 8.12 Planta de conjunto con instalaciones de agua de entrada y agua de primer uso .....	230
Figura 8.13 Planta tipo con instalaciones de agua de primer uso .....	231
Figura 8.14 Detalle de ramal de agua de primer uso en baño .....	232
Figura 8.15 Detalle de ramal de agua de primer uso en C.G.A. ....	233
Figura 8.16 Planta tipo con instalaciones de captación de aguas grises y desahogo de aguas negras .....	234
Figura 8.17 Detalle de ramal de captación de aguas grises y desahogo de aguas negras .....	235
Figura 8.18 Detalle de ramal de captación de aguas grises y desahogo de aguas negras .....	236





*Índice de tablas*

Tabla 2.1: Países del mundo con mayor extracción de agua y sus porcentajes de distribución .....	48
Tabla 2.2 Viviendas particulares habitadas según disponibilidad de servicios, serie de años censales de 2000 a 2020 .....	53
Tabla 3.1: Efectos colaterales producto de la mala gestión de aguas residuales .....	60
Tabla 3.2: Porcentuales de los resultados de las regiones hidrológicas bajo el indicador de Coliformes Fecales .....	63
Tabla 3.3: Resultados de calidad del agua en tomas domiciliarias (Septiembre) .....	65
Tabla 3.4 límites permisibles en características físicas y organolépticas .....	75
Tabla 3.5 Especificaciones sanitarias físicas .....	76
Tabla 3.6 Especificaciones sanitarias microbiológicas .....	76
Tabla 3.7 Especificaciones sanitarias Químicas .....	77
Tabla 3.8 Especificaciones sanitarias de metales y metaloides .....	77
Tabla 3.9 Especificaciones sanitarias de residuales de la desinfección .....	78
Tabla 3.10 Datos estadísticos de consumo de agua en vivienda típica de EE. UU. 2005 .....	83
Tabla 4.1: Condensado de perfil de usuarios de caso de estudio .....	96
Tabla 4.2: Continuación .....	97
Tabla 4.3: Resultados de condicionantes para acceder a una ecotecnología .....	109
Tabla 4.4: Percepción del consumo de agua en las estaciones del año .....	114
Tabla 5.1 Condensado de resultados globales por área casos por monitoreo .....	136
Tabla 5.2 Continuación .....	136
Tabla 5.3 Condensado de resultados globales en área de regadera de los 10 casos de estudio .....	143
Tabla 5.4 Condensado de resultados globales en área lavado de los casos de estudio .....	149
Tabla 5.5 Continuación .....	149
Tabla 5.6 Condensado de resultados globales en área de WC de los casos de estudio .....	155

Trabajo para obtener el grado de: Maestro en Proyectos y Edificación Sustentable.





Tabla 5.7 Continuación .....	155
Tabla 5.8 Condensado de resultados globales en área de lavamanos de los casos de estudio .....	161
Tabla 5.9 Continuación .....	161
Tabla 5.10 Condensado de resultados globales en área de tarja de los casos de estudio .....	167
Tabla 5.11 Continuación .....	167
Tabla 6.1 Volumen total de aguas de primer uso requeridas en las zonas seleccionadas para implementación .....	182
Tabla 6.2 Resultados de laboratorio de las muestras analizadas .....	185
Tabla 7.1 Matriz de selección en su apartado “Perfil empresarial” .....	197
Tabla 7.2 Matriz de selección en su apartado “Perfil económico” .....	197
Tabla 7.3 Matriz de selección en su apartado “características sustentables de fabricación e instalación” .....	198
Tabla 7.4 Matriz de selección en su apartado “Calidad del agua resultante” .....	198
Tabla 7.5 Matriz de selección en su apartado “características del sistema de tratamiento” .....	199
Tabla 7.6 Matriz de selección en su apartado “Perfil empresarial” .....	206
Tabla 7.7 Matriz de selección en su apartado “Perfil económico” .....	206
Tabla 7.8 Matriz de selección en su apartado “características sustentables de fabricación e instalación” .....	207
Tabla 7.9 Matriz de selección en su apartado “Calidad del agua resultante” .....	207
Tabla 7.10 Matriz de selección en su apartado “características del sistema de tratamiento” .....	208

**Nota:** Las figuras y tablas implementadas en este documento corresponden a elaboración propia, exceptuando las que corresponden a reinterpretaciones propias a partir de contenido específico y citado debidamente al pie de cada figura o tabla insertada. Las figuras 5.9, 5.13, 5.17, 5.21 y 5.25 empleadas en el cuerpo del documento fueron obtenidas bajo licencia de retribución bajo el pago de una membresía en la pagina Freepik.com, en la cual se estipula el libre uso de las imágenes con la única condicionante de hacer retribución por mención de su pagina con fines lucrativos al ser vehículo para nuevos clientes en sus membresías. Anexo mi numero de usuario el cual corresponde al: 25088962, con el siguiente correo registrado: [leon.quezada93@gmail.com](mailto:leon.quezada93@gmail.com) y numero de referencia de facturación: INV-C-2023-335284. Por último, las figuras 1.2 y 1.3 se encuentran en la red bajo licencia publica Creative Commons y la figura 1.4 tiene derechos de autor bajo licencia concedida la cual esta estipulada con su retribución correspondiente en el pie de la imagen.



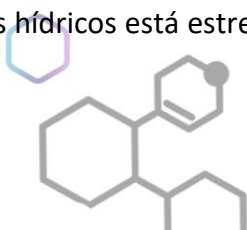


## Anexos

### I Guías de implementación para aplicación de encuestas

El presente trabajo está basado en el análisis de información **cuantitativa** e información **cualitativa**. En el área cuantitativa está conformada básicamente por **datos mesurables** como lo son: dotación, demanda, consumo de agua potable en la vivienda, características sociodemográficas de la vivienda como lo son número de habitantes, número de espacio habitables divididos por uso, cantidad de muebles sanitarios o de consumo hídrico, cantidad de agua gris generada por PCF y las diversas ecotecnologías disponibles para el tratamiento de aguas grises; dicha información es recabada en base a **investigación documental** así como de información recabada en campo mediante **cuestionarios, observación directa y mediciones in situ**. En cuestiones cualitativas entran los **datos no mesurables** que están en fusión del comportamiento, hábitos y perfil de los usuarios, nivel de conciencia ecológica, nivel de aceptación a las ecotecnologías y el sistema propuesto por este trabajo de investigación y por otro lado las calidades de agua que se buscan generar mediante la implementación de las instalaciones propuestas; esta información está basada en **manuales y NOMS** para cuestiones de calidad de agua, y en base a **entrevistas** para cuestiones de perfiles de usuarios.

En resumen, el presente trabajo está basado en una **metodología mixta**, la parte cuantitativa canaliza toda la información estadística o las mediciones pertinentes con respecto a las características de la vivienda, la relación de sus consumos de agua potable y la manera en que esta se traduce en aguas grises, así como la gama de posibilidades con respecto a las ecotecnologías presentes hoy en día en el mercado. La parte cualitativa tiene la finalidad de poder entender como los hábitos y costumbres de consumo por parte de los usuarios hídricos está estrechamente relacionado con los altos consumos de agua potable





y que por ende genera un mayor impacto ambiental de la vivienda. Así mismo la información brindada por las NOMS y los manuales de uso que los sistemas de tratamientos proporcionan se pueden establecer las calidades de agua permisibles y aptas para el contacto humano dentro de la vivienda, garantizando así la salud e integridad, así como la **calidad de vida** de los usuarios.

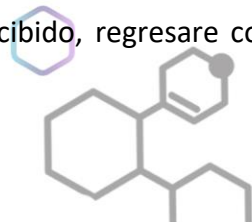
### II Selección de técnicas y diseño de instrumentos

Para poder determinar las herramientas más adecuadas que se emplearan en la obtención de los datos necesarios para dar respuesta a las preguntas generadoras y poder alcanzar los objetivos señalados la metodología implementada se dividió en **6 etapas**, las cuales cada una fue desarrollada siguiendo un **lineamiento secuencial** que permitirá estructurar y comprender la información recabada. Las etapas desarrolladas son las siguientes:

### III Preliminares

#### *Presentación:*

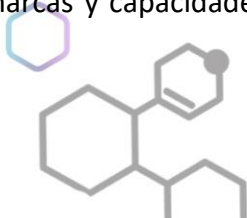
Hola, muy buenas Días/Tardes, ¿me podría regalar un par de minutos? Me presento, soy el Arq. Luis Quezada, pertenezco a la universidad Jesuita de Guadalajara ITESO y me encuentro el día de hoy en su hogar ya que fueron seleccionados como caso de estudio para una investigación que estoy llevando a cabo en relación a la sustentabilidad hídrica/cuidado del agua, en específico el tratamiento de aguas grises. Me gustaría saber si estarían dispuestos a participar en esta dinámica y ayudarme a generar información estadística que me permita detectar la problemática con respecto al consumo del agua potable en las viviendas de manera tangible y con soporte de análisis y observación directa. La dinámica es muy sencilla, les explico: en caso de estar interesados nos pondríamos de acuerdo en que día de la semana se les facilita el poder recibirme en su hogar, yo entiendo que en estos momentos ustedes ya tienen actividades programadas o pendientes y actividades que atender y no es un buen momento para llevarla a cabo, así que me gustaría que sean ustedes mismo los que me indiquen que día de la semana consideran más prudente para llevarla a cabo ya que se considera una duración aproximada de hora y media. Una vez pactada la fecha en la que seré recibido, regresare con unos pequeños cuestionarios que les estaré aplicando y al





finalizar dejare instalados uno pequeños aparatos llamados flujómetros, los cuales serán los encargados de estar midiendo de manera continua el agua que ustedes estarán consumiendo durante un periodo de 15 días. Me gustaría dejar en claro que dichos aparatos no son invasivos y no representan ningún riesgo y/o modificación a sus instalaciones. Así mismo dejare mi número de contacto a alguno de los integrantes de la familia con dos propósitos: el primero es con la finalidad de mantener una retroalimentación de los flujómetros de manera diaria, es decir la persona con la que tenga contacto me dedicara un par de minutos por la noche para indicarme las cifras que se acumularon en el transcurso del día y al mismo tiempo reiniciar los contadores de todos y cada de uno de los flujómetros instalados los cuales se estiman que serán entre 5 y 6 aproximadamente, es un proceso que parece un poco tedioso pero es más sencillo de lo que suena y no les tomara más de 5 minutos. La segunda razón del contacto vía telefónica será para en caso de surja alguna duda, incomodidad o contratiempo que se pueda generar por el uso de los flujómetros, lo cual no se asusten son muy pocas si no es que inexistentes los fallos que estos aparatos puedan presentar. Una vez instalados los flujómetros yo procedo a retirarme a esperar a que pasen los 15 días del monitoreo.

Una vez transcurridos estos días yo estaré regresando una última vez con tres propósitos o intenciones: la primera es para retirar los flujómetros instalados y dejar sus espacios e instalaciones como si nada hubiera pasado, la segunda es para realizar una última y breve entrevista y la tercera es para recabar una muestra de aguas grises de un área seleccionada como puede ser la lavadora, el lavamanos o la regadera. Y eso sería todo yo me retiro con todos mis instrumentos y las muestras y ahí termina mi trabajo de campo con ustedes. ¿Cómo ven? ¿Creen poder apoyarme con esta actividad? En verdad su participación es muy importante no solo para mí, créanme que el poder tener estas estadísticas e información que ustedes me pueden brindar será de gran utilidad y aportación al medio ambiente. En caso de ser positiva la participación de los usuarios seleccionados, se les proporcionará una ficha con sugerencias y requisitos que los integrantes deberán tener a la mano como lo son: el recibo de agua del SIAPA más reciente, su predial, características de sus muebles de baño como marcas y capacidades y que en lo que se llega la fecha de la visita presten mayor





atención a la cantidad de veces que usan los muebles que consuman agua como por ejemplo W.C., regadera, lavamanos, tarja etc.

#### IV Guía de encuesta para Etapa 01 “Perfil de caso de estudio y/o usuarios”

##### *Presentación*

Buenos días/tardes, primeramente, me gustaría agradecer la oportunidad y cortesía de recibirme en su hogar y dedicarle un par de minutos de su tiempo a mi investigación, la cual tiene varios objetivos: el primero de ellos es saber un poco más de ustedes, el segundo que me platiquen y describan su vivienda y el tercero y último es que me permitan la instalación de estos medidores de flujo y consumo de agua potable en algunos de sus espacios. Es de carácter obligatorio dejar en claro que esta actividad es con fines académicos, no se recabará información personal como nombres, documentación legal o documentación con información bancaria, la información presentada no será diferenciada y quedará como un dato estadístico más, por lo cual su identidad siempre estará resguardada. De igual manera si en el desarrollo de la entrevista consideran que alguna pregunta excede los límites de su privacidad o los hace sentir incómodos, siéntanse con toda libertad de omitir la respuesta e incluso de dar por terminada la entrevista.

Antes de entrar de lleno en esto alguno de ustedes me podría decir: ¿Qué saben acerca de la situación actual del agua? ¿Cuánta agua consideran que hay en el territorio mexicano o en su estado? O ¿Cómo consideran ustedes que es el servicio de agua potable en su vivienda? ¿Sabían ustedes que del agua total que hay en el planeta solo el 2.5% es agua dulce y que de ese 2.5% el 30% es el que se encuentra disponible para uso humano? ¿o que en México se tiene reporte de 105 fuentes subterráneas de abastecimiento (acuíferos) en estado de sobreexplotación? ¿o que a nivel mundial 4 de cada 10 personas no cuenta con acceso a servicios de agua potable y 6 de cada 10 no cuenta con instalaciones de saneamiento del recurso? O ¿Qué el 80% de las aguas grises terminan siendo vertidas en ríos y mares convirtiéndolas en un foco de infección de gran magnitud? Bueno estas solo son algunas de las cifras rojas que se tienen con respecto al estado actual del agua potable.





El presente trabajo de investigación tiene como finalidad profundizar más en comprender como son los consumos de agua potable en las viviendas, la manera en que se distribuye en las diferentes de la zona de la casa y los hábitos y actividades que ustedes realizan dentro de su hogar y consumen agua. Esto con el objetivo de detectar que zonas de su casa son las que generan más aguas grises, ¿saben que son las aguas grises? ¿No? Las aguas grises son el resultado de sus actividades dentro del hogar que involucran dos cosas: el agua potable y un agente externo con el que mezclan esta agua, puede ser jabones, químicos, piel, cabellos, grasa etc. Todo menos el agua que se mezcla con excremento u orina, las cuales son las que se generan en el inodoro. El objetivo de este trabajo es una vez analizado la información que ustedes nos proporcionen el poder plantear un sistema eficaz que pueda tratar estas aguas para poderlas reutilizar dentro de su vivienda y así poder ahorrar agua, lo cual es un aporte ecológico y ambiental de gran importancia que el planeta les agradecerá y además un ahorro económico al reducir el agua que ustedes estarán consumiendo por parte del municipio y que también su cartera se los agradecerá. ¿Como ven? ¿Me darían la oportunidad de obtener esta información y el poderlos involucrar en este importante proyecto?

### Cuerpo del cuestionario

El cuerpo de la entrevista en la etapa 01 estará integrado por la siguiente información:

- Dirección
- La vivienda es rentada o propia
- Valor aproximado de la vivienda (ver estimación en predial)
- Número de integrantes de la vivienda
- Edades de los integrantes de la vivienda
- Genero de los integrantes de la familia
- ¿Algún integrante de la familia sufre de alguna discapacidad de cualquier tipo?  
En caso de que la respuesta sea "si" favor de especificar qué tipo de discapacidad.





- ¿Algún integrante de la familia practica algún deporte o realiza actividad física dentro o fuera de la vivienda? En caso de que la respuesta sea "si" favor de especificar qué tipo de deporte/actividad realiza
- Actualmente ¿Se cuentan con alguna mascota dentro de la vivienda? En caso de que la respuesta sea "si" favor de especificar qué tipo de mascota poseen.
- Actualmente ¿Se cuentan con algún medio de transporte motorizado? En caso de que la respuesta sea "si" favor de especificar qué tipo de transporte poseen.
- Nivel máximo de estudios de los integrantes de la familia
- Ocupaciones de los integrantes de la familia
- Sumatoria de los ingresos promedio de todos los integrantes de la familia que se encuentren laborando
- Tiempo aproximado en el que asisten en la vivienda cada uno de los integrantes de la familia

### V Guía de encuesta para etapa 02 "Características espaciales de la vivienda"

#### *Presentación:*

Bueno hasta aquí termina la entrevista con respecto a la primera etapa, si se pudieron dar cuenta esta etapa abarco solo información con respecto a ustedes como integrantes de la vivienda, ahora me gustaría conocer su casa por lo cual procederemos a el cuestionario que se integra en etapa 02, hasta el momento ¿alguien tiene alguna duda o inquietud con respecto a esta actividad? Bueno antes de comenzar con las preguntas es muy importante que tengan a la mano información con referencia a los espacios de su vivienda por ejemplo número de baños, patios, jardines etc. así como su mobiliario, es decir número de inodoros, de regaderas, lavamanos, tarjas, lavadoras etc. ¿Se sienten listos para comenzar con la entrevista o quieren tomarse unos minutos para repasar los espacios de su casa para cerciorarse de contar con la información completa? ¡Ok! Entonces comencemos.

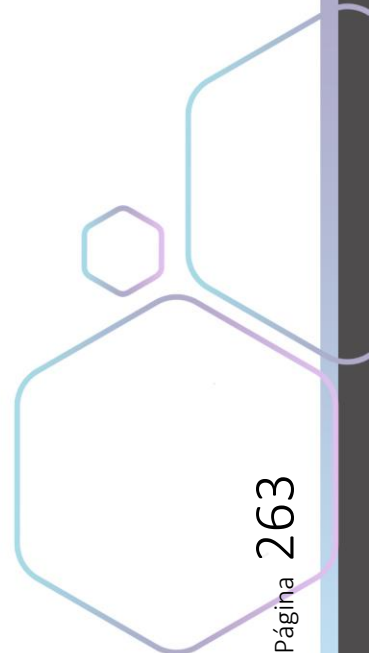




### Cuerpo del cuestionario

El cuerpo de la entrevista en la etapa 02 estará integrado por la siguiente información:

- La vivienda cuenta con cobertura de algún servicio de suministro de agua potable como lo es el SIAPA
- M2 de construcción de la vivienda
- La vivienda cuenta con toma domiciliaria y medidor de agua potable
- La vivienda cuenta con aljibe
- Capacidad del aljibe
- La vivienda cuenta con tinaco
- Capacidad del tinaco
- La vivienda cuenta con cochera
- La cochera cuenta con salidas de agua
- La vivienda cuenta con cocina formal establecida
- La cocina cuenta con tarja
- La tarja cuenta con llave aspersor para ahorro de agua
- Numero de medios baños con los que cuenta la vivienda
- Numero de baños completos con los que cuenta la vivienda
- Numero de inodoros
- Capacidad en litros de los inodoros
- Tipo de inodoro (una descarga o doble descarga)
- Numero de lavamanos
- Los lavamanos cuentan con llaves aspersores para ahorro de agua
- Los baños cuentan con regadera
- La regadera es de tipo lluvia, aspersor o ahorradora





- Alguno de los baños cuenta con tina o bañera
- Capacidad en litros de las tinas y/o bañeras
- La vivienda cuenta con área de lavado o servicio
- El área de lavado tiene lavadero
- Capacidad en litros del lavadero
- El área de lavado cuenta con lavadora
- Capacidad en litros de la lavadora
- La vivienda cuenta con terraza y/o patio
- La terraza o patio cuenta con salidas de agua
- La terraza o patio cuenta con áreas verdes
- M2 aproximados de áreas verdes
- La vivienda cuenta con plantas
- Número aproximado de plantas
- La vivienda cuenta con alberca fija o armable
- Capacidad en litros de la alberca
- La vivienda cuenta con un área de actividad económica
- El área de actividad económica dispone de agua potable en alguno de sus procesos

### VI Guía de encuesta para Etapa 03 Consumos de agua potable en la vivienda

#### *Presentación*

Hasta aquí termina el cuestionario con relación a la etapa 02, ahora pasaremos a la última encuesta en la cual me gustaría que me platicaran de manera libre sus hábitos de consumo de agua potable en su vivienda. Una vez finalizada y para terminar mi visita con ustedes vamos a pasar con la última etapa del día de hoy que es la instalación de los flujómetros volumétricos en distintas zonas de su vivienda, estas zonas serán, cocina, baños, patios y cuartos de servicio, estos aparatos serán los encargados de estar haciendo la medición continua del agua que estarán utilizando. Para comenzar me podrían facilitar una copia de su recibo de agua del último bimestre facturado. ¿Están de acuerdo? ¡Comencemos!





### Cuerpo del cuestionario

El cuerpo de la entrevista en la etapa 03 estará integrado por la siguiente información:

- ¿Cuánto tiempo tienen pagando por servicio de suministro de agua potable por parte del SIAPA?
- ¿Cómo evalúan el servicio de suministro de agua potable por parte del SIAPA?
- ¿Cuánto es el saldo promedio que pagan bimestralmente por el servicio de agua potable que reciben en la vivienda?
- ¿Consideran que el costo de lo que están pagando es proporcional al agua que ustedes consumen?
- ¿Consideran que el costo de lo que están pagando justifica el servicio que están recibiendo?
- ¿Han notado algún aumento en la tarifa del agua potable que reciben en su vivienda?
- ¿Han sufrido alguna irregularidad en el servicio de agua potable como disminución, corte o tandeos en el flujo de agua potable que reciben en su vivienda?
- ¿Cada cuanto sufren de este tipo de eventos?
- ¿Cuánto es el tiempo máximo que han estado sin servicio de agua potable en su vivienda?
- ¿Cómo es la capacidad de respuesta por parte del SIAPA ante este tipo de eventos?
- Cuando sufren alguna restricción de agua potable, ¿Qué estrategias o soluciones implementan para realizar sus actividades en lo que se restablece el suministro de agua potable en su vivienda?





- ¿Cuánto dinero invierten en las soluciones o estrategias que implementan en lo que se restablece el suministro del agua potable en su vivienda?
- ¿Cómo consideran la calidad del agua potable que reciben en su vivienda?
- ¿Han tenido que hacer uso de sistemas externos como filtros para poder hacer uso del agua potable que llega a su vivienda?
- ¿Han padecido alguna enfermedad que se relacione con la mala calidad del agua que reciben en la vivienda?
- En caso de haber indicado que alguno de los integrantes de la familia padece de alguna discapacidad o enfermedad, ¿De qué manera repercute en el consumo de agua potable por parte de esa persona para cubrir sus necesidades específicas?
- En caso de haber indicado que alguno de los integrantes de la familia es de la tercera edad, ¿De qué manera repercute en el consumo de agua potable por parte de esa persona para cubrir sus necesidades específicas?
- ¿Quién consideran de los integrantes de la familia es el que consume más agua potable?
- ¿Han detectado algún periodo en el que consideren que consumen más agua potable en la vivienda?
- ¿Cada cuánto tiempo lavan la cochera?
- ¿Qué herramientas usan para lavar su cochera?
- ¿Cuánto tiempo tardan en lavar la cochera?
- En caso de utilizar manguera o karcher, del tiempo anteriormente señalado ¿Cuánto tiempo mantienen abierta esta herramienta?
- En caso de haber indicado que si tienen automóvil propio ¿Cada cuánto tiempo lavan su automóvil?
- En caso de lavar su automóvil en casa ¿Cuánto tiempo tardan en lavar su automóvil?
- En caso de utilizar manguera o karcher, del tiempo anteriormente señalado ¿Cuánto tiempo mantienen abierta esta herramienta?
- ¿Cuántas veces al día se lava la loza en la casa?
- ¿Cuánto tiempo tardan en lavar la loza en cada bloque?





- En el proceso de lavar la loza, ¿Mantienen todo el tiempo el grifo abierto o alternan cerrando y abriendo en lo que enjabonan los utensilios?
- ¿En el proceso de lavado de loza separan los residuos sólidos de comida antes de comenzar a lavarlos o dichos residuos se van al drenaje?
- En caso de arrojar los residuos sólidos al drenaje ¿La tarja cuenta con triturador de alimentos?
- ¿Cómo suelen disponer del aceite sobrante de sus actividades de cocina?
- ¿Qué tipo y marca de detergente usan para lavar la loza?
- ¿Qué otras actividades realizan en la tarja de la cocina, como lavar verduras, lavarse las manos o depositar residuos?
- ¿Cuál es el número total/aproximado de veces que se utilizan el inodoro por parte de todos los integrantes de la vivienda al día?
- En caso de contar con inodoro de doble descarga ¿Utilizan de manera correcta las descargas o utilizan la misma para todo?
- A parte de las necesidades fisiológicas ¿Qué otros usos le dan al inodoro?
- Aparte de los residuos fisiológicos ¿Qué otros materiales, residuos, productos o sustancias suelen verter al inodoro?
- ¿Cuál es el número total de veces que utilizan el lavamanos por parte de todos los integrantes de la vivienda al día?
- ¿Cuánto es el tiempo estimado que tardan en lavarse las manos?
- En el proceso de lavarse las manos, ¿Mantienen todo el tiempo el grifo abierto o alternan cerrando y abriendo en lo que enjabonan las manos?
- Aparte de lavarse las manos ¿Qué otros usos le dan al lavamanos?
- ¿Cuál es el tiempo aproximado que invierten con el grifo abierto en estas actividades?
- ¿Qué otros materiales, residuos, productos o sustancias suelen verter al lavamanos?
- ¿Qué tipo y marca de jabón para manos suelen utilizar en su vivienda?
- ¿Cuál es el número total de veces que se bañan por parte de todos los integrantes de la vivienda al día?





- ¿Cuánto es el tiempo estimado que tardan en bañarse?
- En caso de usar agua caliente, ¿captan al agua fría que está saliendo mientras esperan a que salga el agua caliente, o la dejan ir por la coladera?
- En el proceso de bañarse, ¿Mantienen todo el tiempo el grifo abierto o alternan cerrando y abriendo en lo que enjabonan el cuerpo?
- Aparte de bañarse ¿Qué otros usos le dan a la regadera?
- ¿Cuál es el tiempo aproximado que invierten con el grifo abierto en estas actividades?
- ¿Qué otros materiales, residuos, productos o sustancias suelen verter al momento de bañarse?
- En caso de haber indicado que se cuenta con tina o bañera, ¿Cada cuanto hacen uso de ella?
- En caso de usar agua caliente, ¿captan al agua fría que está saliendo mientras esperan a que salga el agua caliente, o la dejan ir por la coladera?
- ¿Qué tipo y marca de productos para el aseo personal utilizan al momento de bañarse?
- ¿Cada cuanto se lava la ropa en casa?
- El día que se lava ropa en casa, ¿Cuál es el número de lavadoras promedio que se llevan a cabo en ese día?
- ¿Qué tipo y marca de productos para el lavado de ropa suelen implementar para llevar a cabo esta actividad?
- ¿Cuántas veces al día se llena el espacio contenedor de agua del lavadero?
- ¿Qué actividades realizan en el lavadero?
- ¿Cuál es el tiempo promedio invertido en estas actividades?
- ¿Qué otros materiales, residuos, productos o sustancias suelen verter al lavadero?
- ¿Qué tipo y marca de productos de limpieza suelen utilizar al momento de hacer uso del lavadero?
- ¿Cada cuánto tiempo lavan la terraza o patio?
- ¿Qué herramientas usan para lavar su terraza o patio?





- ¿Cuánto tiempo tardan en lavar su terraza o patio?
- En caso de utilizar manguera o karcher, del tiempo anteriormente señalado ¿Cuánto tiempo mantienen abierta esta herramienta?
- ¿Qué tipo y marca de productos de limpieza suelen utilizar al momento de lavar su terraza o patio?
- En caso de haber indicado que, si cuentan con áreas verdes, ¿Cada cuánto tiempo riegan estas áreas verdes?
- ¿Cuánto tiempo tardan regando sus plantas?
- ¿Qué herramientas usan para regar sus áreas verdes?
- Del tiempo indicado que tardan regando sus áreas verdes, ¿Cuánto tiempo mantienen abiertas las herramientas que usan?
- En caso de haber indicado que, si cuentan con plantas dentro de la vivienda, ¿Cada cuánto tiempo riegan estas plantas?
- ¿Qué herramientas usan para regar sus plantas?
- Aproximadamente ¿Cuánta agua gastan en regar sus plantas?
- En caso de haber indicado que, si se cuenta con alberca de cualquier tipo, ¿Cada cuánto tiempo hacen uso de ella?
- En caso de haber indicado que, si se cuenta con mascotas, ¿Cada cuánto tiempo bañan a estas mascotas?
- ¿Cuánto tiempo dedican al baño de estas mascotas?
- ¿Qué cantidad aproximada de agua potable consume el baño de estas mascotas?
- ¿Qué tipo y marca de productos para aseo de mascotas utilizan al momento de realizar esta actividad?
- ¿Qué otras actividades no indicadas en la encuesta realizan dentro de la vivienda que involucren consumo de agua potable?
- ¿Qué cantidad aproximada de agua potable consumen estas actividades?





### VII Guía de encuesta para etapa 04 Practicas ecológicas o cultura de cuidado del agua

Después de observación directa a base de monitoreo mediante los flujómetros instalados en las viviendas seleccionadas como caso de estudio se procederá a retirarlos y a aplicar una última encuesta a los habitantes de la vivienda, dicha encuesta estará enfocada a la obtención de información con referencia al nivel de conocimiento de estas personas con respecto a la sustentabilidad, practicas o estrategias ecológicas dentro de la vivienda y su nivel de aceptación a las ecotecnologías. Previo a la visita de campo en las viviendas se les notificara vía electrónica a los integrantes de la familia con el fin de corroborar disponibilidad y acordar un horario.

#### *Presentación*

¡Hola! Muy buenos días/tardes ¿Cómo han estado? ¿Cómo les fue con los flujómetros? ¿Se presento algún inconveniente relacionado con ellos en alguna de las áreas de estudio? Como habíamos acordado me encuentro una vez más en su hogar, nuevamente me gustaría agradecerle su disponibilidad brindada a esta investigación; como les comenté mi visita del día de hoy cuenta con dos objetivos, primeramente es desinstalar los flujómetros que deje en mi visita anterior y una vez retirado el ultimo flujómetro me gustaría que me dedicaran nuevamente un par de minutos para hacerles un par de preguntas, esta vez en relación a que tanto saben de temas de sustentabilidad y practicas ecológicas y estrategias dentro de casa para el cuidado del agua. ¿Les parece si comenzamos?

Nota: Se dedicarán un par de minutos previos a la entrevista para el retiro de flujómetros de las zonas de monitoreo verificando que todos y cada uno de ellos se encuentren en buen estado y no presenten algún tipo de falla que afecte de manera directa las mediciones que se realizaron en esas 4 semanas.





### *Cuerpo del cuestionario*

El cuerpo de la entrevista en la etapa 04 estará integrado por la siguiente información:

- ¿Qué entienden cuando escuchan la palabra sustentabilidad?
- ¿Saben que son los recursos ecosistémicos?
- ¿Saben cuáles son los recursos renovables? Mencionen alguno
- ¿Qué información tienen acerca del estado actual de los recursos y ecosistemas alrededor del mundo?
- ¿consideran que actualmente el mundo está pasando por algún tipo de crisis ambiental? especifique cual
- ¿Ha observado o resentido algún cambio con respecto al clima y el medio ambiente?
- ¿Ha padecido alguna consecuencia o afectación por la crisis ambiental o el cambio climatológico?
- En caso de no haber respondido las preguntas anteriores ¿Cuál creen que sea la razón por la que ustedes no tienen conocimiento acerca de estos temas?
- ¿Considera que hace falta más difusión de estos temas en los medios de comunicación?
- De los servicios que cuenta su vivienda como lo son: la energía/electricidad, el agua, el gas y los servicios de comunicación como el internet ¿Cuáles consideran los más importantes y por qué?
- Si tuvieran que prescindir de por vida de alguno de ellos ¿Cuál sería y por qué?
- ¿Cómo consideran que es el estado del agua en México actualmente?
- ¿Por cuánto tiempo consideran que el agua con la que cuenta México podrá abastecer a toda la población?
- ¿Qué tan importante consideran el agua en su vida?
- ¿De qué manera influye el agua en sus actividades cotidianas?





- ¿Cuánto tiempo creen que podrían sobrevivir sin suministro de agua?
- ¿Qué saben acerca del cuidado del agua?
- ¿Qué tan importante consideran que es el cuidado del agua?
- ¿Qué beneficios encuentran al cuidar el agua?
- ¿Qué entienden por “prácticas o estrategias ecológicas”?
- ¿Actualmente realizan algún tipo de práctica o estrategia ecológica en casa?
- ¿Actualmente realizan algún tipo de practica o estrategia ecológica con respecto al cuidado del agua?
- ¿Cuál creen que sea la razón por las que ustedes no tienen conocimiento de las estrategias o practicas ecológicas que se pueden hacer en casa?
- ¿Consideran necesario introducir en las materias de educación una con referencia a estrategias y practicas ecológicas que fomenten la implementación de estas en el hogar?
- ¿Estarían dispuesto a aprender e implementar estas prácticas y estrategias ecológicas en su hogar?
- ¿Qué saben acerca de las aguas residuales?
- ¿Sabían que alrededor del 80% de las aguas residuales que se generan en el municipio terminan vertidas directamente en mares y ríos sin ningún tratamiento alguno, lo cual representa un gran foco de contaminación ambiental?
- ¿Qué saben acerca de las aguas grises?
- Una vez entendido que son las aguas grises ¿Consideran que estas pueden ser tratadas y reutilizadas en la vivienda?
- ¿Sabían que el tratamiento y reutilización de las aguas grises en la vivienda reduce un 40% el consumo de agua potable?
- Si se implementara un sistema de tratamiento de estas aguas grises en su vivienda, ¿Dónde usarían ustedes esta agua tratada?
- ¿Saben que son las ecotecnologías?





- Una vez entendido que son las ecotecnologías ¿Consideran que es importante implementarlas en casa?
- ¿Consideran que las ecotecnologías deberían ser un requisito obligatorio al momento de construir una casa?
- En caso de no contar con ninguna ecotecnología en casa ¿Cuál es la razón de no tenerla en la vivienda?
- ¿Qué tan dispuesto están en invertir en ecotecnologías?
- ¿Consideran que la implementación de ecotecnologías, estrategias y practicas ecológicas como lo es el tratamiento y reutilización de aguas grises ayudara a disminuir el problema del alto consumo de agua en la vivienda?
- En caso de que esta investigación resulte en el diseño de un sistema de tratamiento de aguas grises que garantice agua de calidad para la utilización en la vivienda y ayude a reducir el alto consumo de agua potable en la vivienda ¿Estarían dispuesto a implementarlo?
- ¿Cuál es la inversión máxima que ustedes estarían dispuestos a invertir en un sistema de tratamiento de aguas grises?
- En caso de que el sistema que se diseñe y se proponga como resultado de esta investigación tenga anexo un manual con recomendaciones en cuanto a utilización de ciertos productos como jabones, detergentes, suavizantes de telas etc. ¿Estarían dispuesto a cambiar sus productos de limpieza por unos más amigables con el medio ambiente?

### *Producto obtenido*

Una vez analizada la información obtenida de esta etapa se podrá medir el nivel de conocimiento con respecto a temas de sustentabilidad y practicas ecológicas por parte de los usuarios, así como la visión de ellos con respecto a la contaminación ambiental y al cambio climatológico. De igual manera se podrá tener el dato estadístico de las personas que conocen lo que son las ecotecnologías, las razones por las cuales su vivienda no cuenta con estas y cuales servicios básicos del hogar como lo es la energía/electricidad, el agua, el



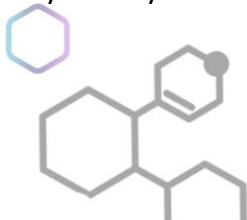


gas y los servicios de comunicación como el internet consideran de más valor prioritario para tener en el hogar. Por otro lado se obtendrá información que retroalimenta de manera directa al tema central de este trabajo de obtención de grado que es el tratamiento y reutilización de las aguas grises dentro de la vivienda, por lo tanto se diseñaron e implementaron una serie de preguntas que nos permitirán saber el nivel de conocimiento de la sociedad con respecto a las aguas grises, medir el nivel de aceptación de los usuarios a la implementación de un sistema de tratamiento de estas aguas en su vivienda, saber cuál es el monto máximo que ellos consideran aceptable para invertir en estos sistemas, así como de manera indirecta saber en donde ellos consideran son las áreas más propicias para implementar el agua una vez tratada, lo cual nos servirá de guía al momento de decidir el nivel de tratamiento que se les dará a las aguas grises recabadas, todo esto en relación a que del nivel de aceptación por los usuarios se podrá establecer de manera preliminar el éxito o fracaso del proyecto. Cabe destacar que esta información no se cruza con ninguna de las otras etapas anteriormente realizadas.

Tiempo estimado de la entrevista: 30 – 40 minutos.

#### *Despedida:*

Con esto terminamos de manera definitiva su participación en este estudio de caso, en verdad les quiero agradecer infinitamente su participación en esta investigación ya que es la base y el corazón de este trabajo, ya que con la información que ustedes nos brindaron se podrá dar rumbo y plantear las mejores soluciones a la problemática que ya les hicimos de su conocimiento, si alguno de ustedes está interesado en conocer los resultados de esta investigación con toda confianza me lo hacen saber y les hare llegar de manera electrónica los resultados y conclusiones de este trabajo o si están interesado en profundizar más en alguno de los temas que de manera resumida les expuse con mucho gusto resolveré sus dudas. Siéntanse felices de haber aportado un granito de arena a nuestro intento de frenar la contaminación ambiental y darle una mano a nuestro planeta que nos ha brindado tanto. Sin más por el momento me retiro muy agradecido por el buen trato que recibí por parte de ustedes y me voy con la esperanza de haber dejado, aunque sea la semilla o la inquietud





de comenzar con esas prácticas y estrategias ecológicas de las que tanto hablamos. Créanme el planeta y sobre todo su bolsillo a largo plazo se lo agradecerán. ¡Nos vemos!

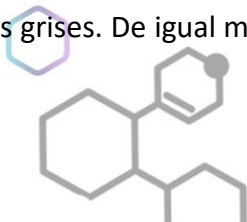
### VIII Guía de metodología para Etapa 05 Generación de aguas grises en la vivienda

Esta etapa es considerada fundamental y la más importante dentro de las 06 etapas, ya que tiene como finalidad la cuantificación de las aguas grises que se generaron durante el mes de monitoreo del consumo de agua potable de la etapa 03 y el muestreo de las aguas grises generadas para su análisis en laboratorio.

Cabe destacar que esta etapa de manera preliminar se realizara mediante la especulación de los resultados obtenidos en la etapa 03, debido a las limitadas herramientas disponibles en el mercado para la medición de las aguas grises. Se tiene como factor condicionante la pérdida que se tiene al momento de realizar las actividades que involucran el agua potable, en lo general la mayor pérdida que se detecta es por evaporación y para efectos prácticos de este estudio y de manera preliminar se establece un valor de 20% de pérdida en relación al agua registrada en el monitoreo de la etapa 03, por ejemplo si en la medición de la actividad del lavado de ropa se registró un consumo de agua potable de 40 litros por lavadora, se especulara que las aguas grises generadas en dicha actividad corresponde a 32 litros, esto debido a la pérdida anteriormente señalada de 20% que corresponde a la evaporación generada al agua que queda retenida en la ropa una vez terminado el ciclo de lavado y que termina evaporándose al momento de tenderla al aire libre para que se termine de secar, este mismo criterio se aplicara a todas las zonas en la cual se considera esta pérdida por diferentes factores y situaciones.

#### *Producto obtenido*

La información obtenida de la etapa 04 serán las mediciones con cifras exactas de la cantidad de aguas grises generadas en todos y cada uno de los puntos de monitoreo establecidos dentro de la vivienda, estas cifras permitirán determinar cuáles son las áreas con mayor generación de aguas grises, las cuales serán consideradas como las de mayor área de oportunidad o con mayor potencial para implementar los sistemas de tratamiento de aguas grises. De igual manera se podrá entregar estadísticas con los máximos, mínimos





y promedios de los volúmenes totales de aguas grises generadas con la peculiaridad de poder incluso indicar las actividades o mobiliario responsable de la mayor generación de estas aguas. Para una mayor comprensión de la información obtenida será necesario el cruce de los resultados de esta etapa con los resultados de las etapas anteriores, para así poder generar hipótesis que justifiquen el comportamiento de los volúmenes totales generados y encontrar una constante o factor que acrecenté dichas cifras.

Por último dentro del periodo de observación directa se realizará un muestreo en base a la captación de las aguas grises generadas en todos y cada uno de los puntos monitoreados, los cuales serán derivados a los laboratorios correspondientes, esto con la finalidad de poder realizar las pruebas necesarias para poder analizar cuáles son las sustancias, residuos o químicos con la que el agua potable fue mezclada y en base a esto poder determinar el nivel de perturbación o contaminación que presenten estas aguas. Una vez obtenido este análisis por parte de un laboratorio certificado y con validez oficial se tendrá el conocimiento de las sustancias exactas que se tienen que eliminar del agua para poder ser reutilizada, dicha información tendrá que ser cruzada con los resultados obtenidos en la etapa 06 para poder seleccionar el método de tratamiento que más se adecue y garantice su eliminación y ofrezca un agua que pueda ser reutilizada dentro de la vivienda y no ponga en riesgo la salud e integridad de los usuarios.

### *9.2.7 Guía de metodología para Etapa 06 Selección de sistemas y ecotecnologías especializadas en el tratamiento de aguas grises*

Esta etapa es la última de los procesos metodológicos y en la que se conjugan todas las conclusiones, estadísticas e información de alto contenido cuantitativo y cualitativo obtenido durante las 05 etapas previas a esta. Es importante señalar que esta etapa involucra un alto cruce de información, así como una diferenciación de la que solo tiene valor informativo y que servirá solo de base para justificar y respaldar el presente trabajo de obtención de grado y la información que será punta de lanza para determinar qué sistema de tratamiento de aguas grises es el ideal para implementar como solución más asequible. Por consiguiente, se considera que toda la información recabada en las etapas





01,02 y 03 queda para fines estadísticos de respaldo a la problemática planteada y abre un panorama general de la composición física de espacios y mobiliario de la vivienda promedio de clase media, así mismo establece el comportamiento y distribución del agua potable dentro de las viviendas y en función a que actividades se deben los gastos de las diferentes zonas de estudio identificadas como de alto consumo.

Los resultados obtenidos de la etapa “Generación de aguas grises” específicamente los resultados de laboratorio de las distintas muestras que se obtuvieron durante el monitoreo puesto que una vez obtenido los resultados podremos determinar los residuos químicos, físico/sólidos, y micro celulares con la que el agua fue corrompida y que son necesarios desechar, a partir de ahí se tendrá que establecer un rango de nivel de tratamiento de las aguas grises y especificar el tipo de uso posterior que se le quiere dar, recordando que dependiendo del nivel de purificación que se quiera llegar determinara el costo de los posibles sistemas de tratamiento. Una vez determinado el objetivo al cual se aspira llegar esta etapa se dividirá en 02 secciones las cuales son:

#### *Sección A: Análisis bibliográfico*

En este apartado y una vez determinado los factores físicos, químicos, microbiológicos y organolépticos se hará un análisis exhaustivo de la bibliografía vigente que se dispone en materia de tratamientos de aguas grises, con la finalidad de identificar aquellos sistemas y procesos que respondan de manera efectiva a la eliminación de estos residuos. Esta etapa representa la parte teórica de esta parte de la investigación, mas no representa o contempla factores extrínsecos como lo son cuestiones económicas, de accesibilidad, mantenimiento o algún otro factor que pueda incidir de manera positiva o negativa en la selección del sistema a implementar.

#### *Sección B: Análisis de mercado*

Una vez que en el análisis bibliográfico se determinó cuales fueron el o los sistemas más adecuados que responden de manera efectiva a la eliminación de los elementos detectados en las pruebas de laboratorio, se realiza un análisis de mercado con respecto a las empresas o proveedores de servicios que se encuentran vigentes en cuanto a brindar servicios de





tratamiento de aguas grises y que estén dentro del círculo de soluciones seleccionadas en la etapa anterior. Dentro de esta etapa se considera la posibilidad de estructurar entrevistas o visitas presenciales o virtuales con los expertos en la materia con la finalidad de poder plantear la problemática que está abordando en este trabajo de investigación, poder saber cuál es su postura con respecto a ella y dar un espacio de dialogo en la que nos puedan indicar si los productos que ellos ofertan son viables o satisfacen los objetivos que se están persiguiendo, e incluso en caso de no poder hacerlo tener la libertad de brindarnos otras opciones en el mercado que pudiesen ser de más utilidad.

### *Producto obtenido*

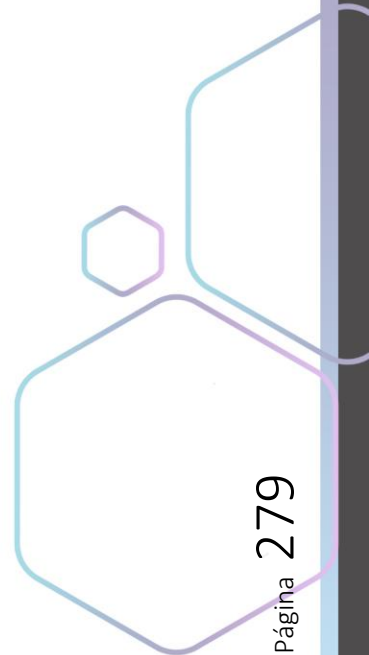
Como Parte final de las herramientas metodológicas se podrá determinar finalmente cual de todos los sistemas de tratamientos de aguas grises que se estuvieron analizando en las secciones A y B fue el seleccionado como más viable, asequible y que cumpla con los objetivos planteados en este trabajo de investigación. Por lo tanto, en base a esta selección se entregará una ficha técnica/informativa con la siguiente información:

- Nombre del sistema de tratamiento
- Empresa fabricante o proveedora
- Dirección de la matriz o bodega de distribución
- Métodos de entrega
- Costos
- Métodos de pago o financiamiento
- Descriptiva del sistema de tratamiento de aguas grises
- Ficha técnica emitida por el fabricante o proveedor
- Instalaciones especiales requeridas para su implementación
- Consideraciones y adecuaciones previas a su instalación en la edificación
- Manual de usuario
- Manual de mantenimiento
- Especificaciones de la calidad del agua posterior a su tratamiento
- Sugerencias de uso emitidas por el fabricante o proveedor del agua tratada





- Reglamentación o restricciones del sistema emitida por el fabricante o proveedor
- Reglamentación o restricciones de las aguas grises a tratar emitida por el fabricante o proveedor
- Reglamentación o restricciones del agua tratada y almacenada emitida por el fabricante o proveedor
- Manual con sugerencias con respecto a los productos químicos empleados en casa y la manera correcta de disponer de ellos.





¡Gracias!

