

ODS 6 en el Aula de Ingeniería desde la Experiencia en Proyectos de Cooperación



FOTO: "Instalando tuberías". Colombia. David del Campo



CASOS DE ESTUDIO ODS 6 en el Aula de Ingeniería desde la Experiencia en Proyectos de Cooperación

EDITADO POR

Engineering Sciences and Global Development Research Group,
Universitat Politècnica de Catalunya

COORDINADO POR

David Requejo-Castro, Ricard Giné-Garriga
y Agustí Pérez-Foguet (*Universitat Politècnica de Catalunya*)

DL B 5491-2018
ISBN 978-84-697-9507-1

Esta obra está publicada bajo una Licencia
Creative Commons Reconocimiento
- NoComercial - CompartirIgual



Citación: EScGD (eds.). 2018. "ODS 6 en el Aula de Ingeniería desde la Experiencia en Proyectos de Cooperación".
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Barcelona. Disponible en: <http://www.eduglobalstem.cat/recursos/>

Descargo de responsabilidad: Este documento ha sido producido con el apoyo financiero del Ayuntamiento de Barcelona. El contenido de este documento es responsabilidad exclusiva de los autores y bajo ninguna circunstancia puede considerarse que refleja la posición del Ayuntamiento de Barcelona.

Prefacio

La Universidad tiene la responsabilidad de participar activamente en el fomento de la solidaridad y la equidad entre los pueblos y la promoción de un mejor desarrollo humano y sostenible en el mundo, a partir de las actividades que le son propias: la docencia, la investigación y la transferencia de conocimientos y tecnología.

Bajo estas premisas, el Centro de Cooperación para el Desarrollo (CCD) de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) se crea con la misión de impulsar la implicación activa de la UPC en cooperación al desarrollo y dar apoyo a la realización de iniciativas en este ámbito por parte de todos los miembros de la UPC (<https://www.upc.edu/ccd/es>).

Esta publicación es fruto del apoyo del CCD y se enmarca dentro de un proyecto de mayor envergadura bajo el nombre “Integrar y Promover las Problemáticas Globales en las Enseñanzas Científico-Técnicas” y financiado por el Ayuntamiento de Barcelona (España). Este proyecto tiene como uno de sus objetivos el generar material docente¹ para implementar en el aula aquellas competencias transversales vinculadas a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

De forma más concreta, se presenta un material educativo, supervisado por académicos y en forma de casos de estudio, asociado a dos experiencias reales facilitadas por el CCD. Este material tiene dos objetivos principales. Por un lado, trabajar de forma específica la competencia transversal de “Sostenibilidad y Compromiso Social (SiC)”, la cual es parte de los planes de estudio actuales de la UPC. Para ello, se propone introducir en las actividades docentes las dimensiones sociales, culturales, morales y éticas. Por otro lado, dirigir la atención al ODS 6, que persigue garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.

En resumen, cada caso de estudio está compuesto de los siguientes materiales:

- Descripción del caso de estudio completo, que incluye una introducción (disciplinas cubiertas y resultados de aprendizaje), el contexto, desde una perspectiva de Desarrollo Humano, dos actividades docentes y los anejos pertinentes;
- Presentación de clase, para ayudar al profesorado con la introducción en el aula del contexto y la descripción de las actividades planteadas;
- Actividad en el aula, diseñada para una sesión de clase de dos a tres horas. Incluye metodología de trabajo y posible solución. Por un lado, persigue la generación de un pequeño debate en torno al contexto introducido. Por otro lado, pretende introducir los conocimientos básicos para llevar a cabo la actividad fuera del aula de forma autónoma;

¹ Para acceder a una mayor colección de materiales docentes y pedagógicos relacionados con la Educación para el Desarrollo (EpD), acceder a:
<http://gdee.eu/>; <http://upcommons.upc.edu/handle/2117/88905>

- Actividad fuera del aula, diseñada como una tarea de diez a doce horas de trabajo. También se facilitan la metodología a seguir y una posible solución del ejercicio. La idea de esta actividad recae en poner en práctica los conocimientos adquiridos tanto a nivel técnico como contextual;
- Rúbrica de evaluación, como potencial herramienta para evaluar de forma conjunta las actividades propuestas (Anexo).

En relación a este último elemento, se considera oportuno incidir con mayor profundidad. Las rúbricas asociadas a cada caso de estudio son la adaptación de una rúbrica de carácter general para evaluar la competencia transversal SiC. Los objetivos referidos a la competencia se pueden distribuir gradualmente en tres niveles de adquisición, coherentes al nivel de complejidad de cada etapa o curso de la titulación. Así, los niveles propuestos son los siguientes:

- Nivel 1: Analizar sistemática y críticamente la situación global, atendiendo a la sostenibilidad de forma interdisciplinaria así como al desarrollo humano sostenible, y reconocer las implicaciones sociales y ambientales de las actividades profesionales del mismo campo;
- Nivel 2: Aplicar criterios de sostenibilidad y los códigos deontológicos de la profesión en el diseño y evaluación de soluciones tecnológicas;
- Nivel 3: Tener en cuenta las dimensiones social, económica y ambiental al aplicar soluciones y llevar a cabo proyectos coherentes con el desarrollo humano y la sostenibilidad.

En esta rúbrica, y de forma común para los tres niveles, se especifican cada una de las dimensiones a evaluar. Asociada a cada dimensión, y para cada nivel, se detallan los atributos a tener en cuenta. Finalmente, y en función de los atributos abordados, se propone un graduado de puntuación. En otras palabras, la rúbrica muestra los conocimientos que se desea que el alumnado adquiera y los criterios que se emplearán para evaluar el contenido de la resolución asociado a las actividades planteadas.

En los casos de estudios que se presentan, se abordan los dos primeros niveles. El tercer nivel se asocia en mayor medida con trabajos o investigaciones más extensas, como pueden ser los proyectos finales al final de los estudios universitarios.

A continuación se detallan los dos casos de estudio, los cuales se presentan por separado en esta publicación:

CS.1: Dimensionamiento de una Red de Distribución de Agua Potable en Collique (Lima): Introducción al Derecho Humano al Agua y Saneamiento (H. Grau-Huguet y E. Okpala)

CS.2: Análisis Multivariante y Construcción de Índices: Minería de Datos Aplicada al Sector Agua y Saneamiento Rural en Honduras (C. Vergara Fuentes y A. Pérez-Foguet)

Finalmente, se desea destacar la existencia de este material docente traducido al inglés y al catalán en otras dos publicaciones². En este material divulgativo se podrá disponer, de forma adicional, de un mayor número de casos de estudio asociados a diferentes asignaturas impartidas en los estudios de ingeniería.

² *Publicación en inglés bajo el título de "Case Studies to Integrate and Promote Global Issues in STEM Education". Publicación en catalán: "Casos d'Estudi per Integrar i Promoure Problemàtiques Globals a l'Aula d'Enginyeria Civil".*

Dimensionamiento de una Red de Distribución de Agua Potable en Collique (Lima): Introducción al Derecho Humano al Agua y Saneamiento

Helena Grau Huguet y Emeka Okpala



FOTO: "Derecho ilegal". Lima. Miren Etxeberria



CASOS DE ESTUDIO **Dimensionamiento de una Red de Distribución de Agua Potable en Collique (Lima): Introducción al Derecho Humano al Agua y Saneamiento**

EDITADO POR

Engineering Sciences and Global Development Research Group,
Universitat Politècnica de Catalunya

COORDINADO POR

David Requejo-Castro, Ricard Giné-Garriga
y Agustí Pérez-Foguet (*Universitat Politècnica de Catalunya*)

DL B 5491-2018
ISBN 978-84-697-9507-1

Esta obra está publicada bajo una Licencia
Creative Commons Reconocimiento
- NoComercial - CompartirIgual



Citación: Grau-Huguet, H., y Okpala, E. 2018. "Dimensionamiento de una Red de Agua Potable en Collique (Lima): Introducción al Derecho Humano al Agua y Saneamiento".
En ODS 6 en el Aula de Ingeniería desde la Experiencia en Proyectos de Cooperación. EScGD (eds.). Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Barcelona.
Disponible en: <http://www.eduglobalstem.cat/recursos/>

Descargo de responsabilidad: Este documento ha sido producido con el apoyo financiero del Ayuntamiento de Barcelona. El contenido de este documento es responsabilidad exclusiva de los autores y bajo ninguna circunstancia puede considerarse que refleja la posición del Ayuntamiento de Barcelona.

1

DIMENSIONAMIENTO DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN COLLIQUE (LIMA): INTRODUCCIÓN AL DERECHO HUMANO AL AGUA Y SANEAMIENTO

Helena Grau Huguet, Universitat Politècnica de Catalunya.

Emeka Okpala, Universitat Politècnica de Catalunya.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. DISCIPLINAS CUBIERTAS.....	3
1.2. RESULTADOS DE APRENDIZAJE.....	4
1.3. ACTIVIDADES.....	4
2. DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO	5
2.1. CONTEXTO GLOBAL DEL SECTOR AGUA, SANEAMIENTO E HIGIENE.....	5
2.2. DERECHO HUMANO AL AGUA Y SANEAMIENTO	7
2.3. CASO DE ESTUDIO: COLLIQUE (LIMA, PERÚ)	10
2.4. GESTIÓN DEL AGUA EN COLLIQUE.....	13
2.5. COLLIQUE Y EL DHAS	19
3. ACTIVIDAD EN EL AULA	23
3.1. SOLUCIÓN Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN	25
4. ACTIVIDAD AUTÓNOMA FUERA DEL AULA.....	30
4.1. SOLUCIÓN Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN	35
BIBLIOGRAFÍA	43
ANEXOS	46

1. INTRODUCCIÓN

En 2010, la Asamblea General de la ONU y el Consejo de Derechos Humanos de la ONU reconocieron el agua y el saneamiento como un derecho humano (DDHH). Sin ninguna duda, este hito representa un gran avance en el sector agua, saneamiento e higiene (WaSH, por sus siglas en inglés) ya que otorga a todos los seres humanos el derecho a la provisión de unos estándares mínimos en relación a estos servicios (Flores-Baquero, 2015).

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, adoptada por la Asamblea General de la ONU en 2015, integra un objetivo específico para el agua y saneamiento (ODS 6). Este Objetivo persigue la ambiciosa meta de “garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”. Sin duda, el ODS 6 refleja la impregnación del derecho humano al agua y saneamiento (DHAS). Sin embargo, todavía existen muchos millones de personas que no disfrutan de sus derechos fundamentales de acceso al agua potable y saneamiento. Muchos de ellos se enfrentan a importantes barreras de acceso debido a dónde viven y quiénes son. El agua y saneamiento para todos no se logrará sin prestar especial atención a las necesidades de los grupos vulnerables y marginados.

Para la realización del DHAS, se propuso definir e incidir sobre 5 dimensiones; disponibilidad, accesibilidad (física), calidad, asequibilidad y aceptabilidad. Es desde este enfoque sobre el que gira de forma más específica el presente documento.

Este caso de estudio se centrará en el acceso al agua potable desde un enfoque de DDHH. En este sentido, se introducirá de forma breve la situación actual relativa al acceso a este servicio y se profundizará en el significado de las dimensiones del DHAS para el caso concreto del agua potable. En segundo lugar, se realizará un acercamiento en torno a la situación del acceso a este servicio en una zona periurbana de la ciudad metropolitana de Lima. Finalmente, se expondrá de forma sintética un trabajo de investigación realizado con los habitantes de dicha zona en relación al DHAS. Todo esto compone el contexto de trabajo sobre el cual el alumnado ejecutará las actividades propuestas.

1.1. DISCIPLINAS CUBIERTAS

La distribución de un servicio de agua potable suele encontrarse en el ámbito de la ingeniería civil, normalmente en asignaturas de urbanismo, de servicios urbanos o de hidráulica. Con este caso de estudio se persigue poner en práctica diferentes conocimientos teóricos para el cálculo y pre-dimensionamiento de redes de abastecimiento de agua potable.

Además, el conocimiento de métodos de distribución y gestión del agua no convencionales ayudará a dar un enfoque más amplio a los futuros profesionales que se dediquen a la gestión de servicios municipales básicos.

1.2. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Como resultado de este caso de estudio, se espera que el alumnado sea capaz de:

- Pre-dimensionar una red de abastecimiento de agua mediante fuentes para un sector urbano no convencional.
- Analizar los impactos asociados al cumplimiento del Derecho Humano al Agua (DHA).
- Comprender los diferentes métodos de abastecimiento de agua potable, así como la gestión y procesos de pago asociados.
- Analizar el impacto de los diferentes métodos de gestión de abastecimiento de agua potable.

1.3. ACTIVIDADES

El trabajo a llevar a cabo en este caso de estudio se plantea en base a dos actividades. Una primera actividad en el aula que, al mismo tiempo, se subdivide en dos bloques. El primer bloque invitará a reflexionar sobre la importancia de acceder a los servicios de agua. Dicha reflexión se realizará desde un enfoque de Derechos Humanos. El segundo bloque, a modo de “taller”, tiene como objetivo proporcionar los conocimientos básicos para dimensionar una red de distribución de agua.

La segunda actividad se realizará de forma autónoma, pero en pequeños grupos (3 ó 4 personas). Esta actividad tiene como fin que el alumnado aplique los conocimientos adquiridos en el aula para dimensionar una red de abastecimiento de agua de mayor dimensión. Así mismo, se instará a ampliar la reflexión anterior hacía aspectos de gestión de este servicio.

2. DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO

En esta sección, se introducen los conceptos básicos asociados a los Objetivos de Desarrollo Sostenible y su monitoreo, así como las diferentes dimensiones del Derecho Humano al Agua y Saneamiento. A continuación, se proporciona información detallada sobre el contexto que aborda este caso de estudio. Concretamente, se presentan datos asociados a la gestión del agua y a la percepción de un número habitantes en relación a la importancia relativa de las dimensiones del Derecho Humano al agua. Finalmente, se introduce una posible forma de cuantificar/evaluar dicha información.

2.1. CONTEXTO GLOBAL DEL SECTOR AGUA, SANEAMIENTO E HIGIENE

En 2015, la Asamblea General de la ONU adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, que también tiene la intención de fortalecer la paz universal y el acceso a la justicia. Dicha agenda establece 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible¹ (ODS) y 169 metas diseñadas para ser universalmente pertinentes y aplicables a todos los países. Los ODS exigen un enfoque integrado con respecto a las dimensiones sociales, económicas y medioambientales. Al igual que en los Objetivos de Desarrollo del Milenio² (ODM) formulados para el periodo entre 2000 y 2015, los ODS integran un objetivo específico para el agua y saneamiento (ODS 6).

Este merecido protagonismo tiene sus bases en el reconocimiento del acceso al agua, el saneamiento y la higiene (WaSH, por sus siglas en inglés) como aspectos fundamentales para el desarrollo humano y su bienestar (Carter et al., 1999; Cairncross & Valdmanis, 2006). Adicionalmente, la mejora de estos aspectos en hogares, centros de salud, escuelas y lugares de trabajo, complementado con el tratamiento de aguas residuales, son una forma de reducir el riesgo enfermedades de origen hídrico, de lograr una nutrición adecuada y de apoyar a la educación y al trabajo, así como abordar aspectos como la erradicación de la pobreza, la desigualdad de género y otras desigualdades (Joint Monitoring Programme, 2015; UN-Water, 2016).

Lo que se plantea en este ODS 6 es “garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”. Para lo cual, se han formulado 8 metas específicas, donde 6 de las cuales hacen referencia a los resultados que se pretenden

¹ Más información en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

² Para más información consultar: <http://www.un.org/es/millenniumgoals/bkgd.shtml>

alcanzar y las 2 restantes a los medios de cómo conseguirlos. De forma resumida, la *Tabla 1* refleja las metas propuestas.

Tabla 1 Metas específicas integradas en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6.

META	DESCRIPCIÓN
6.1	Lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos
6.2	Lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos
6.3	Mejorar la calidad del agua y disminuir la contaminación
6.4	Aumentar el uso eficiente de los recursos hídricos
6.5	Implementar la gestión integrada de los recursos hídricos
6.6	Proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua
6.a	Ampliar la cooperación internacional
6.b	Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales

En este contexto, el monitoreo y la evaluación han sido fundamentales para la toma de decisiones, ya que los gobiernos, la sociedad civil y los donantes necesitan datos objetivos y fiables en los que basar los mecanismos de planificación, priorización y rendición de cuentas. En este sentido, en 1990, la Organización Mundial de la Salud (WHO, por sus siglas en inglés) y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF, por sus siglas en inglés) combinaron esfuerzos con el Programa de Monitoreo Conjunto de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (JMP, por sus siglas en inglés), cuyo objetivo principal fue y es monitorear los progresos nacionales hacia la universalidad del acceso al agua y saneamiento seguros. Desde entonces, el sector del agua y saneamiento ha experimentado una importante transición en la forma de evaluar el acceso a estos servicios. Inicialmente, se empleaban básicamente indicadores que cuantificaban el mero acceso a la infraestructura de agua o saneamiento en términos de cobertura. Progresivamente, el monitoreo del sector se orientó a realizarse en términos más amplios de “nivel o calidad del servicio”. En la actualidad, el JMP propone tres “escaleras” para monitorear las metas específicas 6.1 y 6.2. En la *Figura 1*, se muestran los indicadores propuestos para el caso del acceso a agua³, siendo este servicio sobre el que se centrará este caso de estudio.

³ Para obtener información relativa a las “escaleras” de saneamiento e higiene, consultar *Joint Monitoring Programme (2017)*

NIVEL DE SERVICIO	DEFINICIÓN
GESTIONADO DE MANERA SEGURA	Agua para consumo proveniente de una fuente de agua mejorada ubicada en la vivienda o lote, disponible cuando se necesita y libre de contaminación fecal y por químicos prioritarios
BÁSICO	Agua para consumo proveniente de una fuente mejorada en la medida de que el tiempo de ida, espera y vuelta para conseguir agua no sea mayor a 30 minutos
LIMITADO	Agua para consumo proveniente de una fuente mejorada con un tiempo de ida, espera y vuelta para conseguir agua mayor a 30 minutos
NO MEJORADO	Agua para consumo de un pozo excavado no protegido o de un manantial no protegido
AGUA DE SUPERFICIE	Agua para consumo procedente de ríos, represas, lagos, estanques, arroyos, canales o canales de riego

Nota: Las fuentes mejoradas incluyen: agua por tubería, pozos de sondeo o pozos entubados, pozos perforados protegidos, manantiales protegidos, agua de lluvia, y agua envasada o distribuida.



Figura 1 Nueva escalera del JMP para los servicios de agua potable. Fuente: Joint Monitoring Programme, 2017.

La situación global en 2015, tal y como se plasma en Joint Monitoring Programme (2017), refleja como el 71% (5,200 millones de personas) de la población mundial utilizó un servicio de agua potable gestionado de manera segura, es decir, ubicado en la vivienda, disponible cuando se necesita y libre de contaminación. En relación a esta cifra, una de cada tres personas vivían en zonas rurales. Por su parte, un 89% de la población mundial (6,500 millones de personas) utilizaron por lo menos un servicio básico, es decir una fuente mejorada situada, como máximo, a 30 minutos ida y vuelta para recoger agua. Las cifras más preocupantes, y que escenifican el importante reto a la que se enfrenta el sector, reflejan que 844 millones de personas carecían en 2015 de un servicio básico de agua potable, que 263 millones de personas empleaban más de 30 minutos ida y vuelta para recoger el agua de una fuente mejorada (lo que constituye un servicio de agua potable limitado), y que 159 millones de personas aún recolectaban agua para consumo directamente de fuentes de agua de superficie (58% de ellos residentes en África subsahariana).

2.2. DERECHO HUMANO AL AGUA Y SANEAMIENTO

Los Derechos Humanos son universales, inalienables, interdependientes e interrelacionados. La Declaración Universal de Derechos Humanos estipula que "todos los seres humanos nacen libres e iguales en dignidad y derechos". Tener acceso al agua potable y al saneamiento es fundamental para vivir una vida digna y defender los derechos humanos (United Nations and World Health Organization, 2012).

El reconocimiento del Derecho Humano al Agua y Saneamiento (DHAS) a través de las resoluciones de la Asamblea General y del Consejo de Derechos Humanos de Naciones

Unidas en 2010 (United Nations General Assembly, 2010a; 2010b) representa un gran avance en el sector WaSH ya que otorga a todos los seres humanos el derecho a la provisión de unos estándares mínimos en relación a estos servicios (Flores-Baquero, 2015). Sin duda, el ODS 6 refleja la impregnación del reconocimiento del agua y saneamiento como derecho humano.

Así, el DHAS se ha interpretado como el derecho de todos al acceso a un servicio de agua (y saneamiento) que sea suficiente, seguro, accesibles, culturalmente aceptable y asequible para uso personal y doméstico, y que deben proporcionarse de una forma participativa, responsable y no discriminatoria (Flores-Baquero, 2015). En este sentido, y para la realización de este derecho humano, se propuso definir e incidir sobre 5 dimensiones; disponibilidad, accesibilidad (física), calidad, asequibilidad y aceptabilidad. Flores-Baquero (2015) realiza una síntesis descriptiva que se muestra a continuación para el caso específico del agua.

“Disponibilidad

El suministro de agua para cada persona debe ser suficiente y continuo para usos personales y domésticos. Estos usos generalmente incluyen beber, aseo personal, lavado de ropa, preparación de alimentos, higiene personal y doméstica. La cantidad de agua disponible para cada persona debe corresponderse con las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Ni la continuidad ni la cantidad exacta requerida pueden determinarse en abstracto, ya que los requisitos individuales para el consumo de agua varían, por ejemplo, debido a las condiciones climáticas, el nivel de actividad física y las condiciones de salud personales.

Accesibilidad

Las instalaciones de agua deben ser físicamente accesibles para todos, dentro o en las inmediaciones de cada hogar, institución de salud o educación, instituciones públicas y lugar de trabajo. En muchas partes del mundo, los puntos de agua suelen estar a una gran distancia del hogar, por lo que las personas, especialmente las niñas y las mujeres, pasan la mayor parte del día caminando para recoger agua para sus necesidades diarias. La distancia a la fuente de agua debe estar al alcance de cada hogar, teniendo en cuenta las necesidades especiales de ciertos grupos e individuos. La seguridad de las personas a menudo se ve amenazada en su camino hacia o mientras usa el servicio. El camino que conduce a la instalación o fuente de agua en sí, debe ser seguro y conveniente para todos los usuarios, incluidos los niños, las personas mayores, las personas con discapacidad, las mujeres, incluidas las mujeres

embarazadas y las personas con enfermedades crónicas; la instalación en sí debería ser accesible para todos los usuarios y fácil de usar.

Calidad

El agua debe ser de tal calidad que no represente una amenaza para la salud humana. La transmisión de enfermedades de origen hídrico a través del agua contaminada debe evitarse. En sus directrices para la calidad del agua potable, la OMS define el agua potable como el agua que "no representa ningún riesgo significativo para la salud durante toda la vida en que se consume, incluidas las diferentes sensibilidades que pueden ocurrir en las etapas de la vida". Los límites máximos provistos en las directrices de la OMS para una amplia gama de sustancias potencialmente dañinas pueden servir como punto de referencia.

Asequibilidad

Las instalaciones y servicios de agua deben estar disponibles para su uso a un precio asequible para todas las personas. La provisión de servicios incluye construcción, mantenimiento de instalaciones y tratamiento de agua. El pago de estos servicios no debe limitar la capacidad de las personas para adquirir otros bienes y servicios básicos detallados en los Derechos Humanos, como alimentos, vivienda, servicios de salud y educación. La asequibilidad no requiere necesariamente que los servicios se brinden de forma gratuita. Se debe tener especial precaución, y garantizar el procedimiento debido, en caso de desconexión del suministro de agua debido a la incapacidad del usuario para pagar. Se deben tomar medidas para garantizar que esos usuarios no queden privados del acceso al agua potable para satisfacer sus necesidades personales y domésticas más básicas.

Aceptabilidad

Las perspectivas pueden diferir con respecto a qué soluciones de suministro de agua son aceptables en un contexto dado. La aceptabilidad es relevante para alentar a las personas a usar fuentes de agua segura. En particular, el agua debe ser de un color, olor y sabor aceptables. La colocación de un punto de agua o la fuente de agua existente también debería ser aceptable para las personas. De la misma forma, los aspectos culturales pueden aplicarse a las condiciones de uso de estas instalaciones."

Como se ha expuesto anteriormente, todavía existen muchos millones de personas que no disfrutan de sus derechos fundamentales de acceso al agua potable. Muchos de ellos se enfrentan a importantes barreras de acceso debido a dónde viven y quiénes son. ¿Son

mujeres? ¿Pertenece a una minoría étnica? ¿Son pobres? ¿Viven en un barrio pobre o en una zona rural empobrecida? Los gobiernos tienen la obligación de garantizar el acceso al agua (y saneamiento) para todos los miembros de la población, ya sean ricos o pobres, hombres o mujeres, o si viven en asentamientos formales o informales o en áreas rurales urbanas o remotas (United Nations and World Health Organization, 2012).

El agua (y saneamiento) para todos no se logrará sin prestar especial atención a las necesidades de los grupos vulnerables y marginados. Los principios de los Derechos Humanos destacan la necesidad de diseñar activamente políticas que prioricen y aborden las necesidades de los grupos vulnerables y marginados, en lugar de tratar a todas las personas como si se enfrentasen a desafíos idénticos para acceder al agua potable. El acceso a agua para los grupos vulnerables y marginados es a menudo un problema de exclusión social, no un mero problema relacionado con el agua (United Nations and World Health Organization, 2012).

2.3. CASO DE ESTUDIO: COLLIQUE (LIMA, PERÚ)

Perú está dividido en tres macro regiones llamadas Costa, Sierra y Selva. La primera de estas regiones es un espacio desértico donde habita la mayor parte de la población (INEI, 2015) y es la zona de vertientes hidrográficas que tienen solamente el 2.2% del total de agua dulce disponible del país (ANA, 2016). Según el informe presentado por el Joint Monitoring Programme (2017), el 95% de la población urbana accede a un servicio básico (ver escalera del JMP), mientras el porcentaje correspondiente a la población rural se reduce al 72%. En este sentido, se debe destacar que no existen cifras relativas al acceso gestionado de forma segura o cifras asociadas a las zonas periurbanas.

La capital peruana, Lima, es la segunda ciudad más grande del mundo ubicada encima de un desierto después del Cairo. Su territorio está formado por cerros (montañas de reducida altitud) arenosos, y la degradación de los ríos y la sobreexplotación de los acuíferos refuerzan la escasez del recurso (Ioris, 2016). Lima Metropolitana concentra el 30% de la población del país con 9,904,000 de habitantes (INEI, 2015), siendo difícil de precisar por el alto número de barrios informales (conocidos como asentamientos humanos) ubicados en la periferia de la ciudad. En relación al tema central de este caso de estudio, las cifras registradas muestran una cobertura de agua potable del 92.7%, donde el 83% de las conexiones tienen medidor, y una cobertura de saneamiento del 89.4% (SUNASS, 2015).

El alto crecimiento poblacional del 1.8% anual (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2016) es debido especialmente a la migración de personas con menos recursos, lo cual genera

una presión adicional en las áreas de Lima que carecen de los suministros adecuados de electricidad, agua y saneamiento (ver *Tabla 2*).

Tabla 2 Desigualdades socio-espaciales en los municipios de Lima Metropolitana en cuestión de acceso de agua. Fuente: Ioris, 2016.

CONDICIÓN ECONÓMICA	NÚMERO DE HOGARES	PORCENTAJE CASAS CON SERVICIO DE AGUA
Municipalidades con ingresos altos	92,276	99.8
Municipalidades con ingresos medios	184,187	77.9
Municipalidades con ingresos bajos	712,878	68.1

Collique

El barrio de Collique forma parte del distrito de Comas (cuarto distrito con mayor población de Lima) y está situado al noreste del mismo.

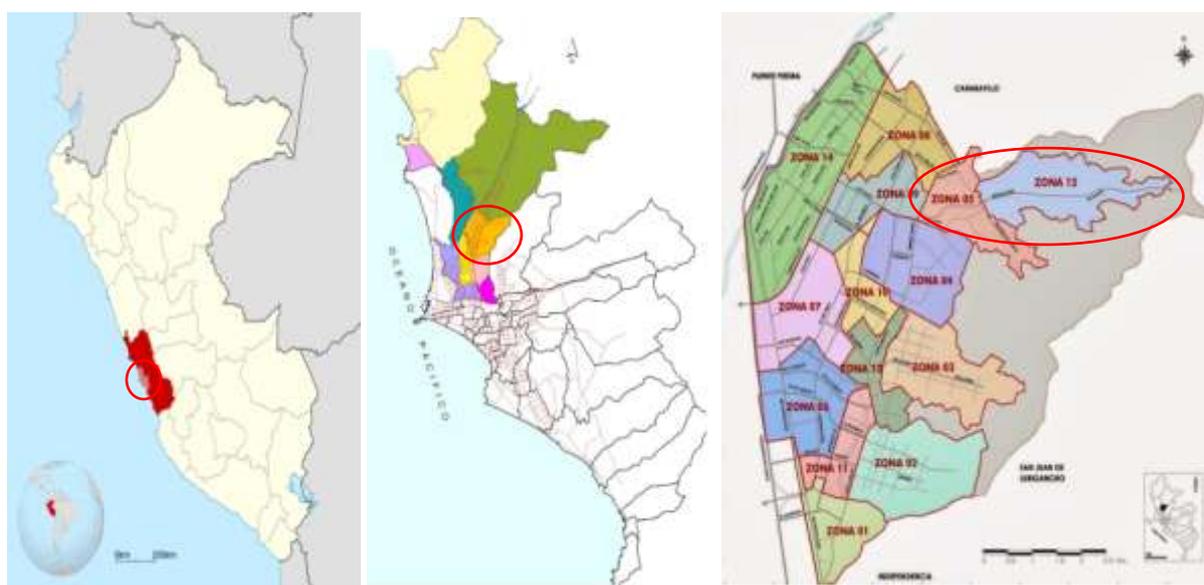


Figura 2 Ubicación geográfica de la zona de estudio⁴.

Se compone de 8 zonas y posee aproximadamente 116,000 habitantes, aunque esta cifra es difícil de conocer con exactitud debido a las problemáticas con el censo en las zonas más periurbanas de la metrópoli. El tamaño del barrio es aproximadamente de 5 km² y

⁴ Fuentes: www.wikipedia.org; <https://agendalimanorte.wordpress.com/2010/04/08/%C2%BFpor-que-lima-norte/>; http://www.agencialn.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1589:comas-es-considerado-el-districto-mas-inseguro-de-lima&catid=43:comas&Itemid=72

posee una densidad de población de más de 23,200 hab/km². En la *Tabla 3* se presentan, a nivel comparativo, los datos relativos a la ciudad de Lima y el distrito de Comas.

Tabla 3 Comparativa entre las localizaciones de interés a nivel de población y superficie.

	HABITANTES	SUPERFICIE (km ²)	DENSIDAD POBLACIÓN (hab/km ²)
Lima	7,605,742	2,670	2,854
Comas	525,000	48,72	11,000
Collique	116,000	5	23,200

El planeamiento urbano de Collique se desarrolla a partir de la avenida Revolución. Esta avenida recorre la parte baja del valle en el que está situado el barrio y de ella parten el resto de vías urbanas hacia los cerros. La avenida Revolución es el eje central de Collique en todos los aspectos, ya que en torno a ella se agrupan la mayoría de equipamientos, conecta el barrio con el resto del distrito en materia de movilidad y también es el eje de los servicios urbanos (entre ellos, agua potable y saneamiento).



Imagen 1 Distribución del barrio de Collique en torno a la Avenida Revolución. Fuente: Google Maps.

Hay que tener en cuenta que a medida que crece la distancia con la avenida central, disminuye el acceso a los servicios urbanos. Los procesos de edificación en Collique han ido más rápido que los procesos de urbanización y eso ha producido un abastecimiento tardío de muchas zonas ya construidas. Esta urbanización a posteriori se agilizó gracias a protestas ciudadanas. La división del barrio en ocho áreas diferentes con cierta autonomía produjo un acceso desigual a los servicios. La administración de Lima proponía a estas zonas periurbanas un copago en la provisión de los servicios de agua y saneamiento, en

cambio muchos de los barrios reclamaban que los servicios fueran 100% con fondos públicos. Aquellos distritos que aceptaron el copago de la instalación tuvieron el servicio antes.

Otro aspecto destacable es la expansión de los barrios que se ha realizado en los cerros. Normalmente, los terrenos para las casas se construyen dinamitando áreas de la montaña para romper la roca y poder producir una superficie lo más plana posible. En muchos casos, se observa que con la piedra dinamitada se construye la cimentación de las viviendas. En estos sectores no suelen existir calles o son mínimas o muy delgadas, lo que limita el acceso físico a todos los hogares. En definitiva, este crecimiento desigual del barrio produjo la poca homogeneidad del sistema de abastecimiento en Collique.



Imagen 2 Distribución de las viviendas en el barrio de Collique.

2.4. GESTIÓN DEL AGUA EN COLLIQUE

La distribución de la red de agua potable, así como su gestión, son fundamentales para garantizar un correcto nivel de servicio a la población. La infraestructura y el servicio del agua potable en Lima están principalmente a cargo de la empresa pública SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima). Sin embargo, en el barrio de Collique se pueden encontrar 4 formas diferentes de abastecimiento, las cuales se exponen a continuación.

Pilón comunitario

El pilón comunitario es una de las formas más comunes de abastecimiento en la zona de los cerros donde se ubican principalmente los asentamientos humanos. Estos sistemas han sido construidos y financiados por ONGs, las cuales han capacitado a la población en su organización para el buen funcionamiento (creación del comité del pilón).

El funcionamiento del pilón consiste en almacenar el agua en un tanque, que puede ser abastecido tanto por camión cisterna como por la red de SEDAPAL (ver *Figura 3*). Este

tanque distribuye el agua a través de tuberías hasta los pilones (puntos de acceso al agua), repartidos generalmente cada cuadra, y donde se conecta una manguera para acercar el punto de agua a los lugares de almacenamiento de las casas. La distribución de agua puede ser periódica (cada “x” días), o libre, lo cual significa que hay la posibilidad de abastecerse cuando exista la necesidad. La cantidad en caso de no ser restringida depende de la capacidad de almacenamiento de cada hogar, y si los depósitos de almacenamiento se ubican en el techo favorece la posibilidad de tener conexión intradomiciliar.

El precio del servicio está determinado por el tipo de abastecimiento del tanque distribuidor. En el caso de ser por camión cisterna resulta más costoso, por tratarse de un servicio privado, que por SEDAPAL. La forma de pago del pilón depende de la organización de cada comité y éste puede ser equitativo entre usuarios (precio total dividido por número de usuarios) o por cantidad consumida.

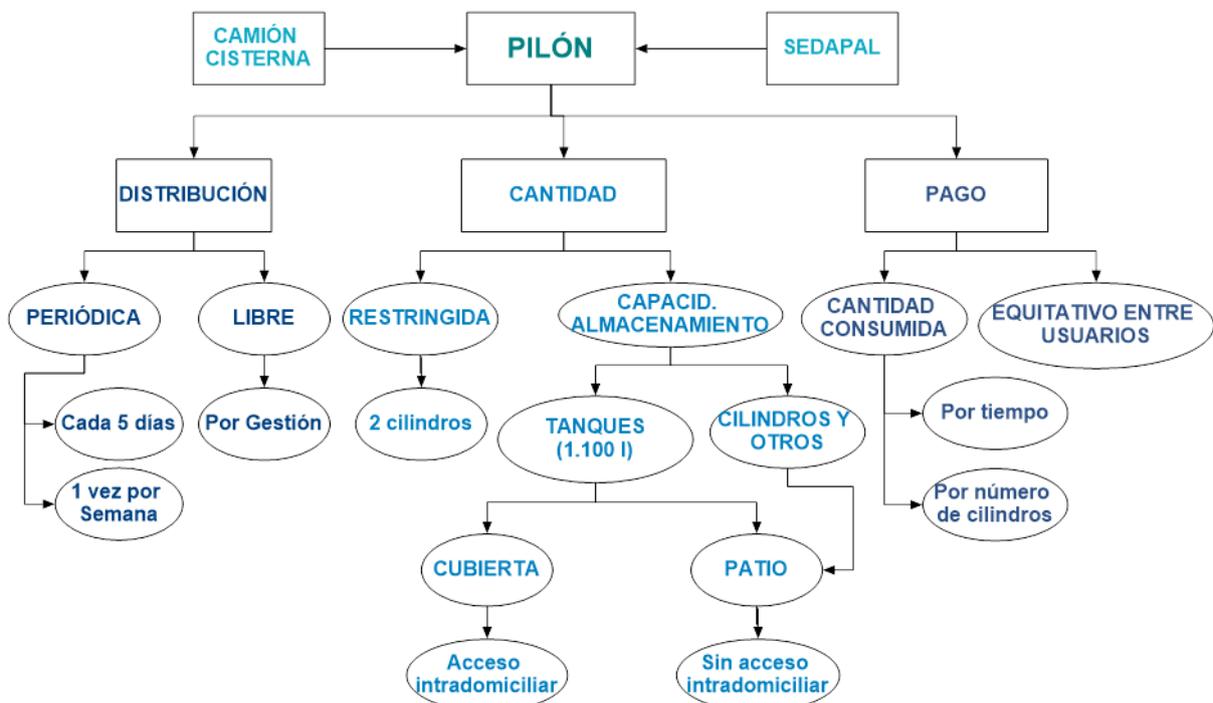


Figura 3 Esquema de la distribución por pilón comunitario en Collique.

Por tratarse de un sistema comunitario, la gestión del pilón a través de su comité, es un factor determinante para asegurar un buen nivel de servicio para todos los usuarios. Se ha observado que la mayoría de los comités cobran un precio un poco más elevado de lo que realmente les cuesta el agua para tener unos fondos de reserva para el mantenimiento de las instalaciones o para el pago de la electricidad de las bombas que algunos necesitan. Por

ejemplo, en la séptima zona de Collique, el camión cisterna vende la “tancada” a 130 soles⁵ (12m³ que equivalen a 60 cilindros), por lo que el precio del cilindro asciende a 2.16 soles (el comité cobra el precio del cilindro a 2.30 para pagar la factura de electricidad de la bomba y el mantenimiento del sistema). En contraste, en la octava zona, donde los pilones son abastecidos por la red SEDAPAL, el precio por cilindro es de 0.5 soles. En un inicio se cobraba eso a los usuarios hasta que el comité, junto con los usuarios, decidió aumentar el precio a 1 sol para recaudar fondos para el mantenimiento. Algunos comités son transparentes con respecto a sus cuentas, conociendo sus usuarios el estado de los fondos de reserva y para qué se utilizan, pero otros no.

Red SEDAPAL

La forma de abastecimiento más generalizada en Collique es la conexión a la red de SEDAPAL, encontrándose la mayor cantidad de usuarios conectados a la red cerca de la avenida principal. Como se demuestra en la *Figura 4*, a pesar de estar conectados a la red, no se puede asegurar un servicio permanente de 24 horas, ya que existen zonas donde la distribución llega a ser de dos horas diarias y en distintos horarios, no necesariamente los más convenientes.

La cantidad de agua depende de la capacidad de almacenamiento de cada hogar y de la presión de la red. Al igual que en el caso del pilón, el acceso intradomiciliario depende de la infraestructura (tanque en la cubierta y bomba en caso de poca presión) y por tanto de los recursos económicos.

Este tipo de abastecimiento es el más económico siempre que se cuente con un medidor (pago por consumo). En caso contrario, el precio puede llegar a ser perjudicial si el consumo es bajo y se cobra por tarifa fija (precio constante sin importar el consumo), o beneficioso si el consumo real es mayor que el consumo facturado (caso observado en familias numerosas).

Como ejemplos, en la primera zona, donde les llega una tarifa fija por no disponer de medidor, pagan 49 soles que equivalen a 21 m³ y tienen 7 horas de agua al día, mientras que en la quinta zona donde tampoco tienen medidor, les llega una tarifa fija de 36 soles que equivale a 15m³ y tienen 2 horas de servicio al día.

⁵ El Sol (S/) es la unidad monetaria de curso legal en Perú desde 1991. Inicialmente denominada Nuevo Sol (S/.), desde el año 2015 el gobierno dispuso que esta moneda pasase a denominarse simplemente “Sol (S/)”, suprimiéndose además el uso del punto (S/.) en el signo monetario. 1 S/ equivale a 0.25 euros (€) y a 0.31 dólares estadounidenses (US\$).

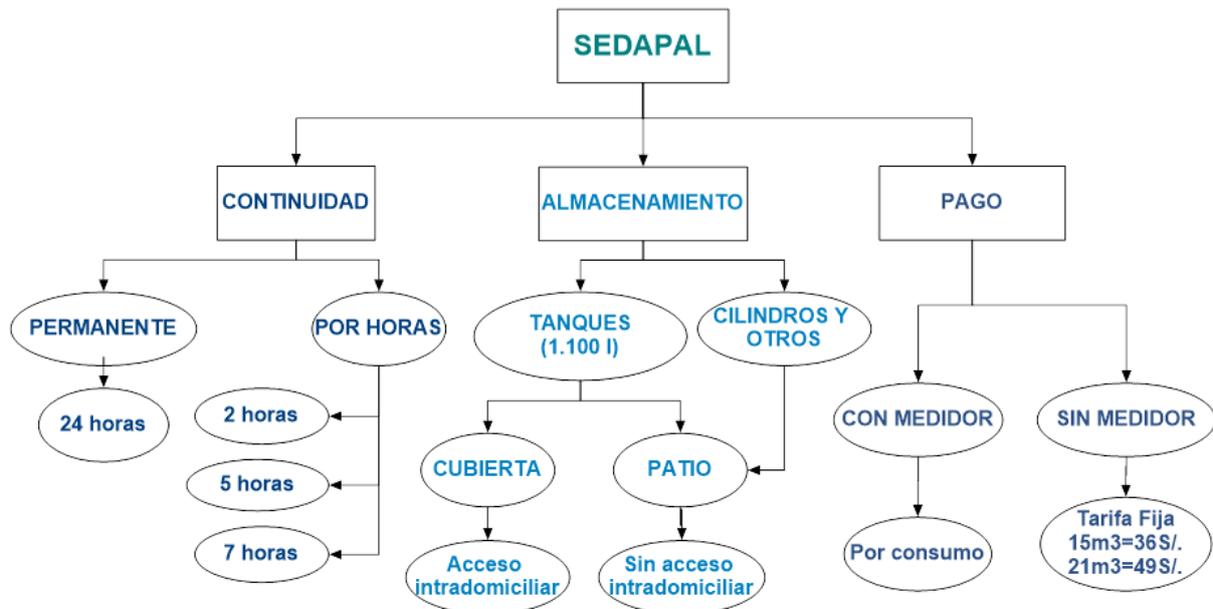


Figura 4 Esquema de la distribución a través de la red de SEDAPAL.

Camión cisterna

El camión cisterna en la zona de Collique es un tipo de abastecimiento que ha ido a la baja, por el aumento de la cobertura de la red de SEDAPAL y de formas alternativas de abastecimiento como es el pilón.

El camión cisterna transporta el agua recogida de surtidores de la SEDAPAL que garantizan la “calidad” de ésta o de surtidores clandestinos que no permitan conocer la procedencia del agua. Este servicio suele ser de particulares que hacen negocio de la distribución del agua, de manera coordinada o periódica (ver Figura 5), a los lugares donde no existen otras formas de abastecimiento.

El camión cisterna principalmente abastece a los tanques de almacenamiento de los pilones, cobrando por la “tancada” desde 120 soles (en la quinta zona) hasta 160 soles (en la octava zona), dependiendo de donde tenga que llegar.

El costo de agua vendida directamente a los particulares se cobran más caro por tardar más tiempo en distribuir el agua, llegando a pagar 4.20 soles por el cilindro (200 litros), lo que significa un precio de más de 16 veces el precio de la SEDAPAL.

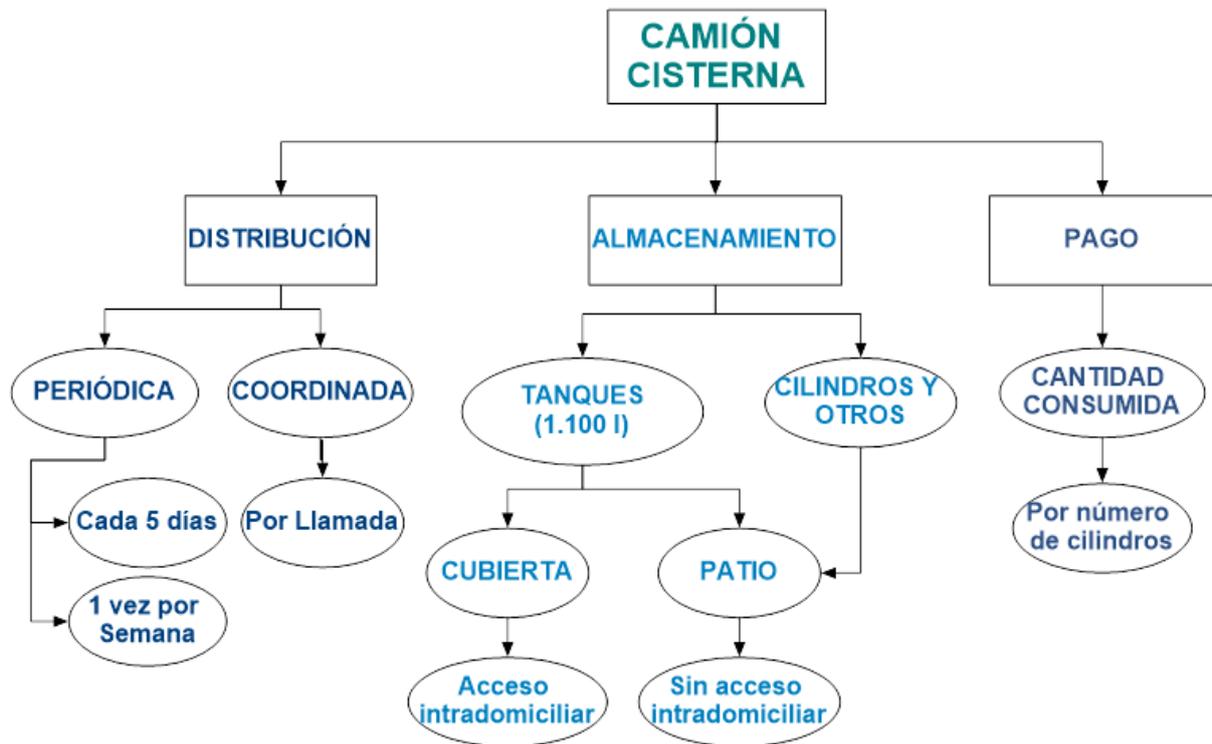


Figura 5 Esquema de la distribución a través de camiones cisterna.

Vecinos

Esta es una forma de abastecimiento que surge por la imposibilidad de abastecerse de agua por las otras formas presentadas anteriormente. La razón principal para abastecerse de los vecinos es por la inexistencia de una vía de comunicación que llegue a los hogares sin agua, ya sea por la pendiente del terreno o la alta densidad de casas, que no permiten la llegada de los camiones cisterna a través de una carretera.

A veces se dan casos en que cerca de estos hogares sin agua puede haber pilones. Para estos casos, normalmente se habla con el comité de los pilones y se les permite usarlos siempre que paguen la cuota y ellos instalen la bomba y manguera necesaria para hacer llegar el agua a sus casas. Pero cuando esto no pasa, se tiene que pedir a los vecinos que sí disponen de agua (normalmente los que están conectados a la red) que les regalen o vendan agua.

Para el caso de Collique, donde la mayor parte de los hogares que están conectados a la red paga una tarifa fija, no supone ningún gasto regalar el agua, pero se da el caso de personas que hacen negocio vendiendo un agua que no pagan.

Las formas de almacenamiento son las mismas que para los otros casos (pilón, SEDAPAL o camión cisterna) y suponen las mismas ventajas y desventajas según donde se pueda

guardar el agua. Aunque para este caso, al no disponer de agua, los hogares no suelen disponer de instalaciones intradomiciliarias. Respecto al precio, esta es la forma en que las personas pueden llegar a pagar más por el agua. Al ser su única forma de poder abastecerse, están sujetos al precio que sea.

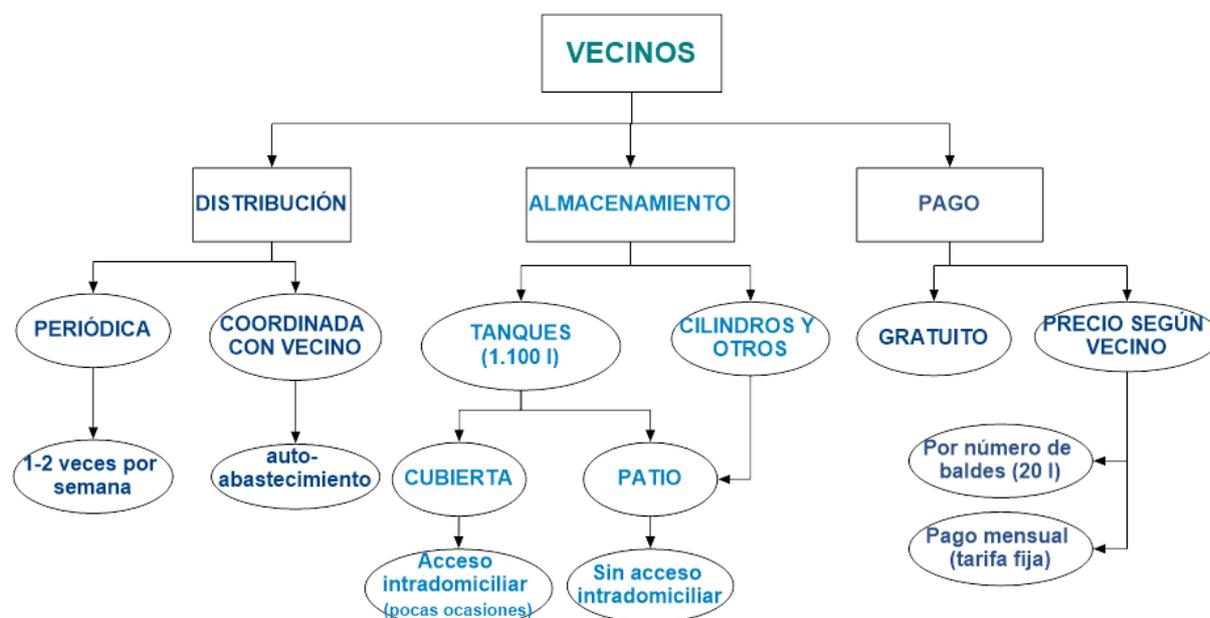


Figura 6 Esquema de la distribución a través de los vecinos del barrio de Collique.

Resumen

Para facilitar la comparación entre los sistemas de gestión presentados, en la *Tabla 4* se detallan de forma resumida algunos de los aspectos más destacables.

Tabla 4 Comparativa entre los diferentes sistemas de gestión de agua.

SISTEMA DE GESTIÓN	PRECIO (S/) / CILINDRO	OBSERVACIONES
Pilón Comunitario	Camión cisterna: 2.16 (precio final 2.30) SEDAPAL: 0.5 (precio final 1)	- Cargo extra por parte del comité comunitario (gestión comunitaria) - Disponibilidad de agua variable
SEDAPAL	0.48	- Mejor calidad de agua - Disponibilidad de agua variable
Camión cisterna	A pilón comunitario: 2 - 2.67 A particular: 4.20	- Incertidumbre en cuanto a calidad - Disponibilidad de agua variable
Vecinos	Precio variable (opción más costosa)	- Mayor dificultad para disponer de agua

2.5. COLLIQUE Y EL DHAS

De forma muy breve, se desea finalizar esta contextualización exponiendo un trabajo de investigación realizado con un número de habitantes de Collique. Este trabajo perseguía obtener información de todas las zonas de Collique a través de la opinión de diferentes grupos de la población (niños, jóvenes y mujeres), para alimentar una propuesta de indicadores que midiese el nivel de servicio de agua desde el enfoque de las cinco dimensiones del DHAS.

Para alcanzar este objetivo, se realizaron una serie de talleres participativos, seleccionando diferentes grupos de edades de la población (niños, jóvenes y mujeres). Así, se pudo obtener un análisis cualitativo sobre la percepción de los participantes en relación a los servicios de agua (y saneamiento). Los resultados de estos talleres, resultaron en 59 priorizaciones individuales en relación a las dimensiones del Derecho Humano al Agua (DHA).

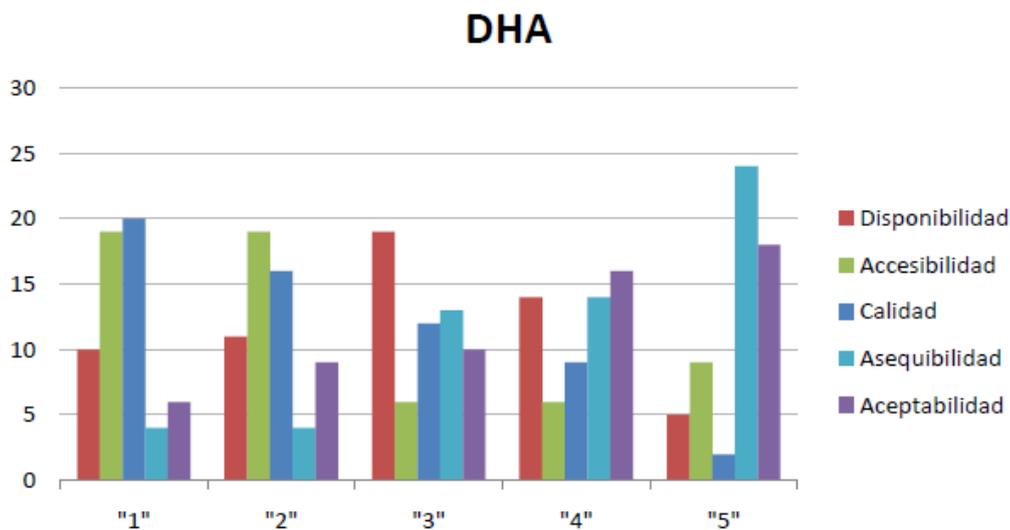


Figura 7 Respuestas en relación a la priorización entre las 5 dimensiones del DHA. En el eje de abscisas se representan el orden de prioridad. En el eje de ordenadas, el número de ocasiones que cada dimensión fue priorizada en cada posición.

Como resultado, el orden de las dimensiones por parte de los participantes quedó de la siguiente manera:

Tabla 5 Ordenación de las dimensiones asociadas al Derecho Humano al Agua.

Priorización para el DHA				
1	2	3	4	5
Calidad	Accesibilidad	Disponibilidad	Aceptabilidad	Asequibilidad

A partir de esta investigación cualitativa y una revisión de la literatura, se plantea un índice multidimensional compuesto por las cinco dimensiones del DHA. Para cada dimensión se han definido cinco niveles de servicio con cinco valores, siendo el 1 y el 0 el más y el menos óptimo, pasando por 0.75, 0.5 y 0.25. Este índice, aunque está aplicado al caso específico de Collique, podría servir de base para realizar la misma valoración multidimensional en cualquier contexto y así poder realizar cualquier comparación que se estime oportuna.

En las *Tablas 6 y 7* se definen el concepto de cada categoría y sus diferentes niveles de servicio, respectivamente.

Tabla 6 Definición de los niveles de servicio para las cinco dimensiones del DHA.

Definición categorías DHA. Nivel del servicio de agua				
Disponibilidad (DIS)	Accesibilidad (ACC)	Calidad (CAL)	Asequibilidad (ASQ)	Aceptabilidad (ACP)
Agua suficiente y en continuidad	Agua cerca y fácil de obtener	Agua apta para el consumo humano	Agua asequible para todos	Agua aceptada en color, olor y sabor

Tabla 7 Propuesta de los niveles de servicio para las cinco dimensiones del DHA.

Propuesta marco conceptual para DHA. Nivel del servicio de agua					
Nivel	Disponibilidad (DIS)	Accesibilidad (ACC)	Calidad (CAL)	Asequibilidad (ASQ)	Aceptabilidad (ACP)
1	Servicio domiciliario las 24 horas	Servicio domiciliario con instalaciones intradomiciliares en uso (B)	Servicio domiciliario o por pilón (abastecido por la red) donde el agua es apta para el consumo humano y se realiza una limpieza adecuada y frecuente de los recipientes de almacenamiento	Tarifa de la EPS según consumo o tarifa fija (sin medidor), la cual es justa y asequible según las posibilidades económicas (G)	Agua con aspecto a los manantiales de las montañas: transparente, sin mal olor ni sabor a cloro
0.75	Servicio domiciliario de menos de 24h a 7h de continuidad con capacidad suficiente de almacenaje (A)	Servicio domiciliario sin instalación intradomiciliar (C)	Servicio domiciliario o por pilón (abastecido por la red) donde se hierve el agua antes de consumir (D)	Tarifa de la EPS según consumo o tarifa fija (sin medidor), la cual representa una parte importante de los gastos para servicios básicos	Agua transparente pero con poco sabor a cloro

0.50	Servicio domiciliario de 7h a 2h, o abastecimiento por pilón, camión cisterna u otros (vecinos), con capacidad suficiente de almacenaje	Servicio por pilón o camión cisterna, con tanques de almacenaje en el techo y con instalación intradomiciliar	Servicio por pilón (abastecido por camión cisterna) o camión cisterna de surtidores de la SEDAPAL (E)	Pago por cilindro procedente del pilón (10-15 veces más que el precio de la EPS)	Agua de color blanquecino y con mucho sabor a cloro
0.25	Servicio domiciliario de 7h a 2h o abastecimiento por pilón, camión cisterna u otros (vecinos), sin capacidad suficiente de almacenaje	Servicio por pilón o camión cisterna u otros (vecinos) sin instalación intradomiciliar	Servicio por pilón (abastecido por camión cisterna) o por camión cisterna de surtidores clandestinos o servicio donde el agua aparece con turbiedad o elementos extraños (F)	Pago por cilindro procedente de camión cisterna u otros (vecinos) (15-40 veces más que el precio de la EPS)	Agua turbia o con elementos extraños
0	Abastecimiento en aguas superficiales (ríos, acequias..)				

A. Capacidad suficiente de almacenaje hace referencia a que se dispone de suficiente espacio para almacenar el agua necesaria para realizar las actividades diarias de toda la familia.

B. Instalaciones intradomiciliares en uso significa o que se dispone de un servicio continuo las 24 horas o que se disponen de tanques de almacenamiento en el techo que permiten utilizar el agua a través del caño.

C. Sin instalación intradomiciliar significa que no existe la infraestructura o que ésta no se utiliza porque no hay continuidad del servicio las 24 horas o no se disponen de tanques de almacenamiento en el techo que permitan su uso.

D. El hecho de hervir el agua antes de consumirla se debe a la dudosa calidad que puede tener ya sea por los cortes de la red, o por el desconocimiento de si las medidas de higiene en el mantenimiento de la red y los tanques de distribución son las correctas o no.

E. La higiene de los camiones cisterna depende del cuidado y mantenimiento que le da el propietario. Muchas veces no es la adecuada. Si el camión cisterna se abastece de los surtidores de SEDAPAL, el agua proviene de la planta de tratamiento de agua potable y ésta se recoge con suficiente cloro residual para que llegue a las casas con 0.5mg/l de cloro residual.

F. El agua de la red de Collique se bombea a diferentes tanques repartidos por la zona y éstos distribuyen el agua en las casas. Si no se realiza un mantenimiento adecuado de los

tanques, como no se dispone de agua las 24h, al reanudar el servicio puede que el agua salga turbia o con suciedad en las casas.

G. Dentro de asequibilidad se incluye el poder pagar la construcción de las instalaciones y equipamientos intradomiciliares o recibir subsidios si son necesarios.

Tras la presentación del marco conceptual, se debe destacar que las cinco dimensiones no se agregan por igual. A cada dimensión se le asigna un peso específico según la priorización presentada en la *Tabla 5*. De la misma forma, es importante resaltar que los principios de los Derechos Humanos apuntan a la importancia de valorar todas las categorías por igual. En este caso, no se pretende menospreciar ninguna dimensión, sino proponer un marco conceptual que refleje las necesidades específicas de esa zona.

Para la definición de los pesos, se utiliza la metodología llamada “centroid” (Shepetukha & Olson, 2001), la cual propone definir los pesos una vez se tiene el orden de las categorías. Esta metodología asigna el peso w_1 como el más importante, el w_2 como el segundo más importante y así para k categorías.

$$w_1 = \frac{(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{k})}{k}$$

$$w_2 = \frac{(0 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{k})}{k}$$

$$w_k = \frac{(0 + 0 + 0 + \dots + \frac{1}{k})}{k}$$

La suma de estos pesos será igual a la unidad. Cuantas más categorías existan menor será el error que implica esta aproximación (Shepetukha & Olson, 2001). Para el caso de cinco categorías, correspondientes a las cinco dimensiones del DHAS, se obtienen los siguientes pesos:

Tabla 8 Pesos ordenados para DHA según metodología propuesta.

Calidad (CAL)	Accesibilidad (ACC)	Disponibilidad (DIS)	Aceptabilidad (ACP)	Asequibilidad (ASQ)
w_1	w_2	w_3	w_4	w_5
0.45	0.26	0.16	0.09	0.04

Finalmente se formula el índice multidimensional en base a la media geométrica (o multiplicativa) de las diferentes dimensiones. Es de gran importancia tener presente que esta formulación no permite la compensación entre las variables. Es decir, si alguna de las dimensiones se evalúa como cero, el valor final del índice será cero también.

$$\text{Índice}_{\text{DHA}} = \text{CAL}^{w_1} \times \text{ACC}^{w_2} \times \text{DIS}^{w_3} \times \text{ACP}^{w_4} \times \text{ASQ}^{w_5}$$

Sustituyendo tanto los valores del nivel de servicio asociados a la realidad de Collique como los valores de los pesos, se obtiene el valor final del índice propuesto:

$$\text{Índice}_{\text{DHA}} = 0.5^{0.45} \times 0.25^{0.26} \times 0.25^{0.16} \times 0.5^{0.09} \times 0.25^{0.04} = 0.37$$

3. ACTIVIDAD EN EL AULA

La actividad en el aula propuesta en este caso de estudio se estructura en dos bloques diferentes:

Bloque I. Se trabajará en pequeños grupos de 3 ó 4 personas, para luego hacer una puesta en común. La duración de esta actividad se estima en 1 hora y 15 minutos; 45 minutos de discusión en grupo y 30 minutos de discusión general. Se sugiere que el docente actúe de moderador.

Para facilitar el desarrollo de este bloque y de las sucesivas actividades, se recomienda que el alumnado disponga de toda la información expuesta en la Sección 2 del caso de estudio. Idealmente, se recomienda facilitar la contextualización del caso de estudio con anterioridad al desarrollo de las actividades con el fin de proporcionar un tiempo adecuado para su lectura.

Bloque II. Se trata de un taller guiado por el docente, en el que el trabajo será individual por parte del alumnado. Se estima que la duración de este bloque es de 45 minutos. Específicamente, el taller consiste en proporcionar al alumnado la información suficiente para realizar el dimensionamiento de una pequeña red de abastecimiento de agua. El objetivo es poder escalar dicho diseño a un área mayor (actividad fuera del aula).

BLOQUE I

El objetivo de esta primera actividad persigue sensibilizar y concienciar de la importancia que implica acceder a los servicios de agua. Este ejercicio se realizará desde un enfoque de

Derechos Humanos. En este sentido, y tras haber presentado el contenido teórico de este caso de estudio, se propone cumplimentar la tabla adjunta indicando los impactos directos e indirectos asociados a la privación de las dimensiones del Derecho Humano al Agua (DHA). Los impactos pueden identificarse desde diferentes perspectivas como la salud, el desarrollo o el medioambiente, entre otros. Así mismo, se insta a cada grupo a señalar y justificar la dimensión que consideran más importante. Finalmente, y en base a la situación actual de Collique (nivel de servicio) y a la priorización realizada, se propone recalcular el Índice_{DHA} propuesto.

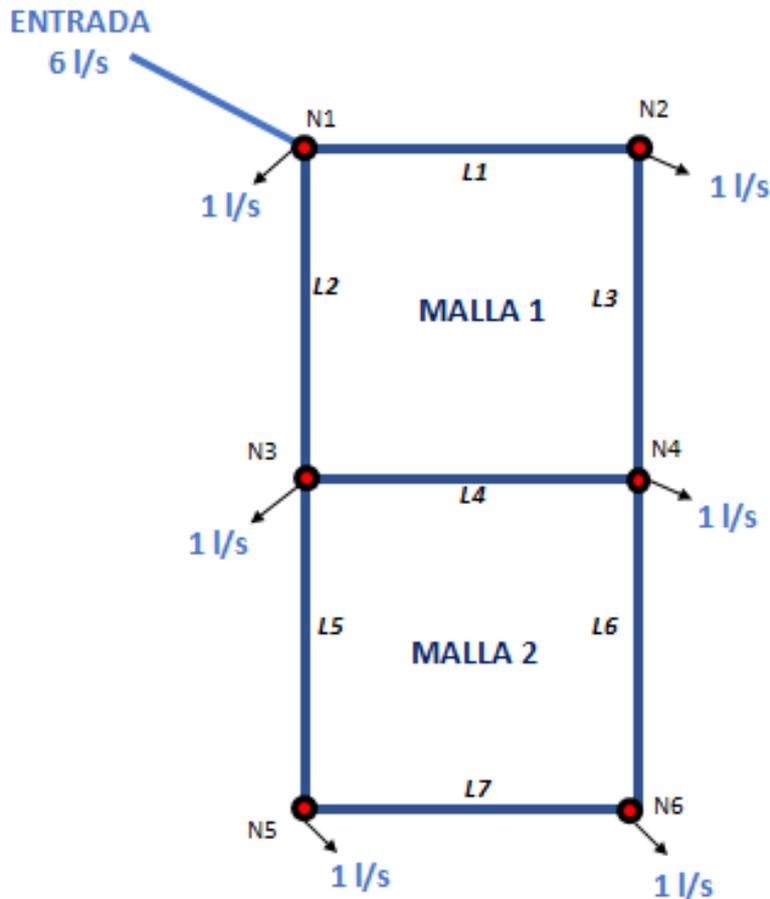
Ranking	DIMENSIÓN (privación)	IMPACTOS DIRECTOS	IMPACTOS INDIRECTOS
	Disponibilidad		
	Accesibilidad		
	Calidad		
	Asequibilidad		
	Aceptabilidad		

BLOQUE II

El objetivo de este taller guiado estriba en proporcionar al alumnado con un ejemplo ilustrativo relativo al dimensionamiento de una pequeña red de abastecimiento de agua. Así, se podrá abordar la actividad fuera del aula de manera autónoma.

El planteamiento de este taller será a nivel individual. En este sentido, se espera que el alumnado sea capaz de seguir y materializar los cálculos pertinentes expuestos por el docente. El enunciado y datos de partida serían los siguientes:

En el barrio de Collique se desea dimensionar una red de distribución de agua potable que abarca dos cuadradas de 200 m x 200 m. La entrada de agua que alimenta a las mallas se encuentra situada a 20 m por encima de los nodos 1 y 2. En cada uno de los nodos hay un hidrante con una demanda punta de 1 l/s, por lo que el consumo de la malla es de 6 l/s. Además, todos los tramos están formados por tuberías iguales de 90 mm de diámetro exterior. Las mallas que conforman la red son cuadradas e iguales tal y como se muestra en la siguiente figura:



Nodos **Altura**

N1	20
N2	20
N3	10
N4	10
N5	0
N6	0

Tramos **Longitud**

L1	200 m
L2	200 m
L3	200 m
L4	200 m
L5	200 m
L6	200 m
L7	200 m

Con estos datos de partida, se ha de calcular el flujo interno de la malla y la presión que tendrá cada hidrante teniendo en cuenta la pérdida de presión del tramo de tubería.

3.1. SOLUCIÓN Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Solución Bloque I

En primer lugar, se debe tener en cuenta que las respuestas que pueden tener lugar son abiertas, sobre todo en la propuesta de priorización de las diferentes dimensiones del DHA. En ningún caso, se debe esperar por parte del alumnado (posiblemente inexperto en el tema) que acierte con sus reflexiones. El mero hecho de reflexionar es uno de los objetivos de la actividad. No obstante, se presentan algunas posibles respuestas con el fin de guiar al docente (moderador) en la puesta común final.

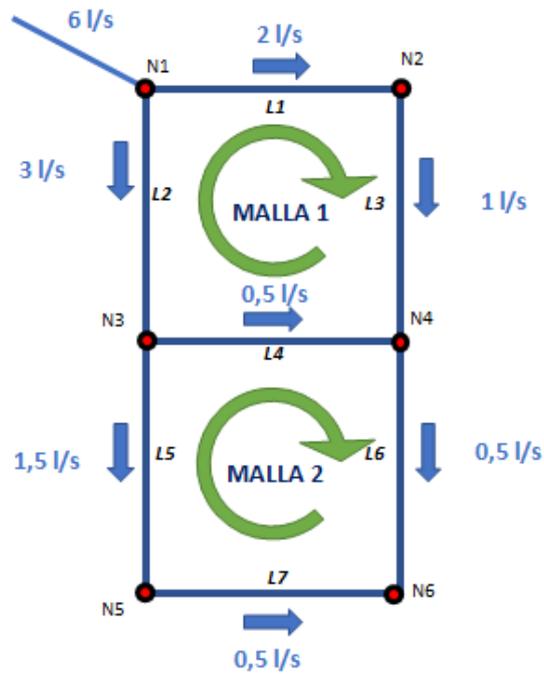
DIMENSIÓN (privación)	IMPACTOS DIRECTOS	IMPACTOS INDIRECTOS
Disponibilidad	- No se pueden satisfacer las necesidades cuando se necesita (beber y cocinar, higiene, lavar alimentos y ropa)	- Inversión económica en depósitos domiciliarios, por ejemplo, para el almacenamiento
Accesibilidad	- No se puede garantizar el consumo de agua necesario, en el caso de que la fuente se encuentre muy lejos (beber y cocinar, higiene, lavar alimentos y ropa) - Incremento de la inseguridad (sobre todo cuando mujeres y niñas recogen agua y cuando las distancias son amplias)	- Dificultad para el desarrollo de actividades vitales y económicas - Posibilidad de aumentar las agresiones a niñas y mujeres
Calidad	- Afectación a la salud humana (incluso muerte) - Deterioro ecosistemas (contaminación)	- Dificultad para desarrollar capacidades (aumento de pobreza); Aumento en el gasto destinado a la salud - Disminución de recursos para la subsistencia (disminución de la seguridad alimentaria y aumento de la pobreza)
Asequibilidad	- Discriminación sobre los sectores de la población más desfavorables - Posible generación de conflictos sociales	- Dificultad para acceder a otros servicios; Incremento de la brecha entre los que más tienen y los que menos - Aumento de la brecha entre instituciones públicas o agentes responsables de la gestión del servicio; Disminución de la participación ciudadana
Aceptabilidad	- Búsqueda de fuentes de agua alternativas (posible sinónimo de riesgo para la salud)	- Aumento del gasto a nivel de hogar y de sanidad pública

En lo que a la elaboración del ranking y obtención del nuevo índice se refiere, se espera que cada grupo pueda plantear su resultado. Por lo tanto, no se facilita ninguna posible respuesta en este apartado.

Solución Bloque II

En primer lugar, hay que plantear una distribución del flujo interior a la malla que cumpla con las demandas de cada hidrante. Así mismo, se establece un sentido de circulación de la malla para identificar el signo (positivo o negativo) de los caudales en cada tramo. El procedimiento detallado se muestra en el *Anexo II*.

Adicionalmente, se realizarán las iteraciones necesarias para obtener un residuo (ΔQ) de cero. En este caso, será suficiente con 2 y 3 iteraciones, correspondientes a la malla 1 y malla 2 respectivamente.



Malla 1

DATOS DE PARTIDA						
Tramo	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	L (m)	Rugosidad	r _i (mm)	Q ₁ (m ³ /s)
L1	90	73.6	200	150	65,313.9	0.0020
L2	90	73.6	200	150	65,313.9	-0.0030
L3	90	73.6	200	150	65,313.9	0.0010
L4*	90	73.6	200	150	65,313.9	0.0005

ITERACIÓN 1			ITERACIÓN 2		
Δh	Δh/Q ₁	Q ₂ = Q ₁ + ΔQ	Δh	Δh/Q ₂	Q ₃ = Q ₂ + ΔQ
0.66	327.70	0.0023	0.851	369.56	0.0023
-1.39	462.93	-0.0027	-1.140	422.77	-0.0027
0.18	181.55	0.0013	0.296	227.49	0.0013
-0.05	100.58	-0.0005	-0.054	104.07	-0.0006
ΣΔh	Σ(Δh/Q _i)	ΔQ	ΣΔh	Σ(Δh/Q _i)	ΔQ
-0.6	1,072.77	0.0003	-0.047	1,123.90	0.0000

Malla 2

DATOS DE PARTIDA						
Tramo	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	L (m)	C	r _i (mm)	Q ₁ (m ³ /s)
L4*	90	73.6	200	150	65,313.9	0.0005
L5	90	73.6	200	150	65,313.9	-0.0015
L6	90	73.6	200	150	65,313.9	0.0005
L7	90	73.6	200	150	65,313.9	-0.0005

ITERACIÓN 1			ITERACIÓN 2			ITERACIÓN 3		
Δh	Δh/Q ₁	Q ₂ = Q ₁ + ΔQ	Δh	Δh/Q ₂	Q ₃ = Q ₂ + ΔQ	Δh	Δh/Q ₃	Q ₄ = Q ₃ + ΔQ
0.05	100.58	0.0005	0.0005	0.054	104.07	0,065	113,18	0,0006
-0.38	256.47	-0.0012	-0.0012	-0.245	208.53	-0,217	196,94	-0,0011
0.05	100.58	0.0008	0.0008	0.127	153.86	0,149	165,93	0,0009
-0.05	100.58	-0.0002	-0.0002	-0.007	41.43	-0,003	25,57	-0,0001
ΣΔh	Σ(Δh/Q _i)	ΔQ	ΣΔh	Σ(Δh/Q _i)	ΔQ	ΣΔh	Σ(Δh/Q _i)	ΔQ
-0.33	558.22	0.0003	-0.072	507.89	0.0001	-0,005	501,63	0,0000

*La L4 pertenece a las dos mallas.

La iteración a nivel de cálculo tendría la siguiente forma:

Malla 1

Tramo 1

$$Q_2(1) = Q_1(1) + \Delta Q_1(1) = 2.0 + 0.3 = 2.3 \text{ l/s}$$

$$Q_3(1) = Q_2(1) + \Delta Q_2(1) = 2.3 + 0.0 = 2.3 \text{ l/s}$$

$$Q_4(1) = Q_3(1) + \Delta Q_3(1) = 2.3 + 0.0 = 2.3 \text{ l/s}$$

Tramo 2

$$Q_2(1) = Q_1(1) + \Delta Q_1(1) = -3.0 + 0.3 = -2.7 \text{ l/s}$$

$$Q_3(1) = Q_2(1) + \Delta Q_2(1) = -2.7 + 0.0 = -2.7 \text{ l/s}$$

$$Q_4(1) = Q_3(1) + \Delta Q_3(1) = -2.7 + 0.0 = -2.7 \text{ l/s}$$

Tramo 3

$$Q_2(1) = Q_1(1) + \Delta Q_1(1) = 1.0 + 0.3 = 1.3 \text{ l/s}$$

$$Q_3(1) = Q_2(1) + \Delta Q_2(1) = 1.3 + 0.0 = 1.3 \text{ l/s}$$

$$Q_4(1) = Q_3(1) + \Delta Q_3(1) = 1.3 + 0.0 = 1.3 \text{ l/s}$$

Tramo 4

$$Q_2(1) = Q_1(1) + \Delta Q_1(1) - \Delta Q_1(2) = -0.5 + 0.3 - 0.3 = -0.5 \text{ l/s}$$

$$Q_3(1) = Q_2(1) + \Delta Q_2(1) - \Delta Q_2(2) = -0.5 + 0.0 - 0.1 = -0.6 \text{ l/s}$$

$$Q_4(1) = Q_3(1) + \Delta Q_3(1) - \Delta Q_3(2) = -0.6 + 0.0 - 0.0 = -0.6 \text{ l/s}$$

Malla 2

Tramo 4

$$Q_2(2) = Q_1(2) + \Delta Q_1(2) - \Delta Q_1(1) = 0.5 + 0.3 - 0.3 = 0.5 \text{ l/s}$$

$$Q_3(2) = Q_2(2) + \Delta Q_2(2) - \Delta Q_2(1) = 0.5 + 0.1 - 0.0 = 0.6 \text{ l/s}$$

$$Q_4(2) = Q_3(2) + \Delta Q_3(2) - \Delta Q_3(1) = 0.6 + 0.0 - 0.0 = 0.6 \text{ l/s}$$

Tramo 5

$$Q_2(2) = Q_1(2) + \Delta Q_1(2) = -1.5 + 0.3 = -1.2 \text{ l/s}$$

$$Q_3(2) = Q_2(2) + \Delta Q_2(2) = -1.2 + 0.1 = -1.1 \text{ l/s}$$

$$Q_4(2) = Q_3(2) + \Delta Q_3(2) = -1.1 + 0.0 = -1.1 \text{ l/s}$$

Tramo 6

$$Q_2(2) = Q_1(2) + \Delta Q_1(2) = 0.5 + 0.3 = 0.8 \text{ l/s}$$

$$Q_3(2) = Q_2(2) + \Delta Q_2(2) = 0.8 + 0.1 = 0.9 \text{ l/s}$$

$$Q_4(2) = Q_3(2) + \Delta Q_3(2) = 0.9 + 0.0 = 0.9 \text{ l/s}$$

Tramo 7

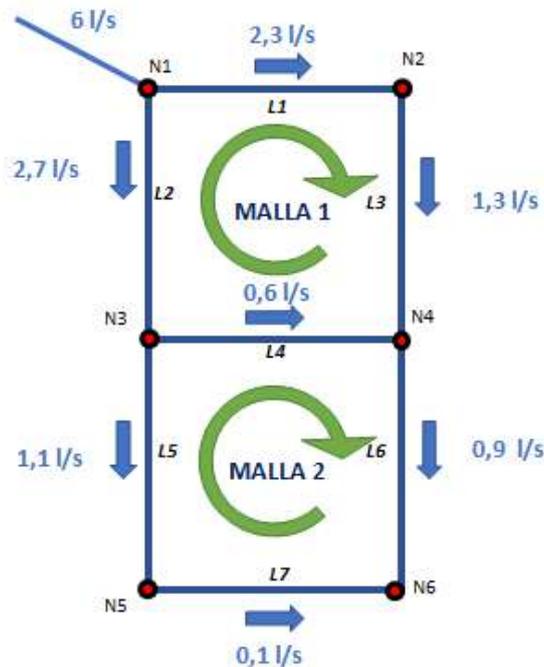
$$Q_2(2) = Q_1(2) + \Delta Q_1(2) = -0.5 + 0.3 = -0.2 \text{ l/s}$$

$$Q_3(2) = Q_2(2) + \Delta Q_2(2) = -0.2 + 0.1 = -0.1 \text{ l/s}$$

$$Q_4(2) = Q_3(2) + \Delta Q_3(2) = -0.1 + 0.0 = -0.1 \text{ l/s}$$

Como se puede observar en el tramo 4, que pertenece a ambas mallas, se encuentra equilibrado tomando el ΔQ de cada malla, pero de signo contrario.

Así, el resultado final del flujo dentro de la malla es:



Una vez encontrada la solución de los caudales en cada tramo, hay que determinar las pérdidas de carga para garantizar que la presión en cada nudo sea la adecuada (entre 30 y 60 mca). Así mismo, se han de comprobar las velocidades de circulación para que estén comprendidas entre los valores 0.6 y 1 m/s (ver Anexo I).

Tramo	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	L (m)	Rugos.	Q (l/s)	v (m/s)	H (m)	Δ _z (m)	P (mca)
1	90	73.6	200	150	2.33	0.55	0.87	40	39.13
2	90	73.6	200	150	2.67	0.63	1.12	40	38.88
3	90	73.6	200	150	1.33	0.31	0.31	50	49.69
4	90	73.6	200	150	0.57	0.13	0.06	50	49.94
5	90	73.6	200	150	1.09	0.26	0.21	50	49.79
6	90	73.6	200	150	0.91	0.21	0.15	60	59.85
7	90	73.6	200	150	0.09	0.02	0.00	60	60.00

Criterios de evaluación

Para evaluar la actividad propuesta en el aula se propone el empleo de la rúbrica adjunta (ver *Anexo VII*). Brevemente, esta rúbrica detalla i) los conocimientos que se desea que el alumnado adquiera, y ii) los criterios que se emplearán para evaluar el contenido de la resolución asociado a las actividades planteadas. De esta manera, se considera que se proporciona un sistema de evaluación objetivo y transparente al alumnado.

En primer lugar, se debe poner en conocimiento del alumnado de la existencia de la rúbrica. Es decir, se debe informar de los contenidos que se evaluarán. De esta manera, se considera que se proporciona cierta guía para enfocar las actividades propuestas.

Por un lado, para evaluar el Bloque I, cada grupo conformado deberá entregar por escrito las respuestas a las cuestiones planteadas. Dichas respuestas se evaluarán apoyándose en la rúbrica propuesta. No obstante, el docente siempre será libre de elegir un método alternativo de evaluación si lo cree conveniente. Por otro lado, el Bloque II no será evaluado al tratarse de un taller guiado cuyo objetivo es proporcionar los conocimientos necesarios para desarrollar la actividad autónoma que se plantea.

4. ACTIVIDAD AUTÓNOMA FUERA DEL AULA

En esta actividad se trabajará en pequeños grupos de 3 ó 4 personas, pudiendo repetir los mismos grupos de trabajo que en la actividad anterior (mayor facilidad a la hora de evaluar las actividades planteadas en conjunto). El motivo principal del trabajo en grupo reside en

fomentar el debate interno. Se estima que la duración de la actividad pueda alcanzar unas 15 ó 20 horas de trabajo aproximadamente.

Desde una perspectiva más técnica, y en términos metodológicos, se propone resolver el ejercicio a través del empleo de una hoja de cálculo Excel, planteando el problema de forma simplificada pero considerando los fenómenos principales para el dimensionamiento de la red de abastecimiento de agua. Sin embargo, se desea destacar la existencia de otros software específicos para el cálculo de redes hidráulicas. Por ejemplo, se puede encontrar la herramienta que se presenta bajo el nombre de EPANET⁶, la cual es distribuida en abierto por la Agencia de Protección Medioambiental (EPA, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos. Por otro lado, y en contraste, también se puede disponer del software comercial WaterGEMS⁷, desarrollado por Bentley.

El objetivo de esta actividad persigue que el alumnado aplique los conocimientos adquiridos tanto a través del taller guiado como por medio de la contextualización de este caso de estudio. Específicamente, se espera que el alumnado sea capaz de dimensionar una red de distribución de agua de mayor tamaño y que sea capaz de reflexionar en lo que a la gestión del servicio se refiere. Bajo estas premisas, el problema que se plantea es el siguiente.



Imagen 3 Zona de actuación. Fuente: Elaboración propia, a partir de Google Earth.

⁶ Acceso e información al software EPANET en: <https://www.epa.gov/water-research/epanet>.

⁷ Más información sobre el software comercial WaterGEMS en: <https://www.bentley.com/es/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-software/watergems>

El gobierno de la ciudad de Lima, a través de la empresa pública SEDAPAL, en su afán por mejorar el nivel de servicio de agua, decide ampliar la red de suministro de agua en el barrio de Collique. Uno de los acuerdos alcanzados garantiza la ejecución de la obra con el compromiso de los vecinos de este barrio de participar en la gestión del servicio.

La decisión técnica final recae en la construcción de una serie de fuentes públicas ubicadas en diferentes puntos del barrio. El criterio de ubicación recae en proporcionar a cada vivienda el acceso a una fuente localizada entre 50 y 100 metros de distancia.

Con el objetivo de simplificar el problema, en este caso de estudio se trabajará sobre un conjunto limitado de viviendas (ver *Imagen 3*) perteneciente a la parte alta de la zona 6 de Collique.

La dotación de diseño se fija en 120 l/hab·día. La justificación reside, por un lado, en que dotaciones mayores a 100 l/hab·día satisfacen todas las necesidades de consumo e higiene, disminuyendo así los impactos sobre la salud de forma casi total (WHO. 2003). Por otro lado, se incluye un más que probable incremento de consumo en el futuro.

Por otro lado, el área de servicio es de aproximadamente 10.2 ha (hm²). Si se supone una distribución homogénea de la población en Collique, cuya densidad de población es de 23,200 hab/km² (ver *Tabla 3*), se estima que en la zona viven 2,366 personas. Si se supone un crecimiento de la población del 1.5% anual, en el año 2035 se estiman 3,187 habitantes en la zona de estudio. Por lo tanto, se tienen los siguientes datos de partida:

Tabla 8 Datos de partida para el diseño de la red de distribución.

VARIABLE	VALOR
Población actual	2,366 hab
Población estimada en 2035	3,187 hab
Consumo diario	382,464 l/día
Consumo diario en hora punta (+10%)	38,246 l/día
Caudal de diseño	10.6 l/s

Se estima pues un caudal en hora punta futuro de 10.6 l/s para dar servicio al área designada. Además del caudal en hora punta, se necesita conocer la geometría de la red. Se ha escogido una red con 6 mallas, 21 tramos y 16 nodos. El motivo de escoger esta geometría de mallas redundantes estriba en la posibilidad de garantizar la circulación del caudal en caso de rotura de algún tramo. El sistema de fuentes se distribuye en 12 de los

odos de la red, los cuales tendrán un caudal de salida idéntico de 0.883 l/s. La ubicación de estos hidrantes se ha realizado en base al criterio de accesibilidad detallado anteriormente (ver Figura 8).

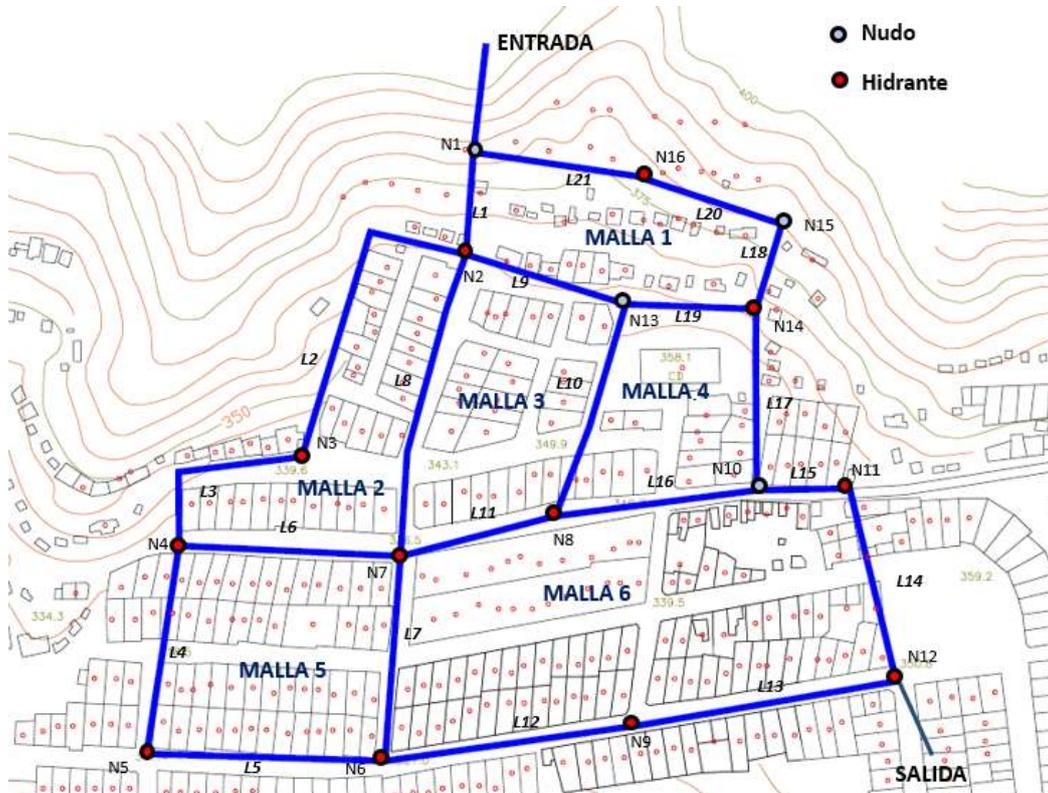


Figura 8 Propuesta geométrica de la red de distribución.

Finalmente, se proporcionan los datos necesarios asociados a los tramos de tubería y nodos de la red para poder abordar la actividad.

TRAMO	LONGITUD (m)	TRAMO	LONGITUD (m)
L1	47.6	L12	117.8
L2	146.3	L13	120.3
L3	81.0	L14	92.2
L4	94.7	L15	42.8
L5	109.6	L16	93.4
L6	101.9	L17	84.2
L7	95.4	L18	41.2
L8	141.2	L19	60
L9	77	L20	70
L10	103.7	L21	75.8
L11	73.6		

Como punto de entrada de abastecimiento, se construirá un depósito de almacenamiento que estará situado a 8 metros sobre el nodo N1. Esta altura permite que, por gravedad, el

flujo de agua se distribuya a las fuentes públicas superando el gradiente hidráulico. La capacidad del depósito se estima en 1,000 m³, aunque este dato no influye a la hora de dimensionar la red de distribución, pero si a la hora de entender el funcionamiento del sistema.

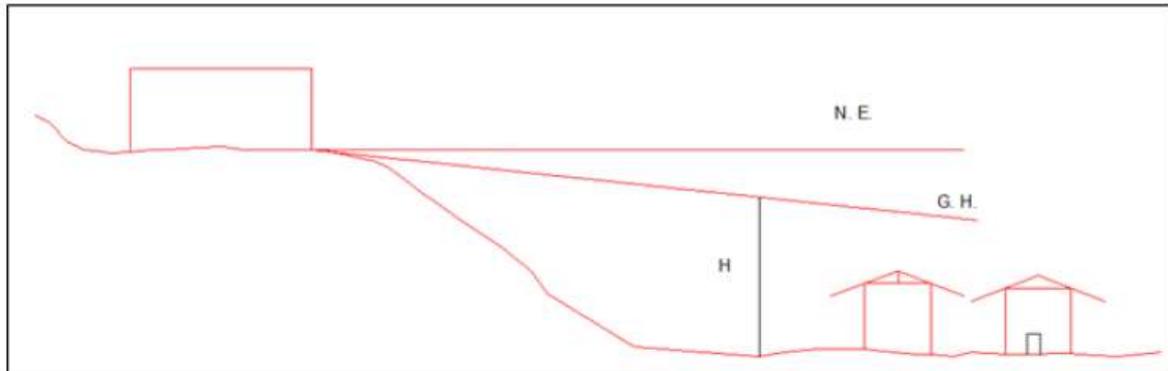


Figura 9 Esquema de distribución de un depósito en altura. Fuente: Jiménez Terán, 2013.

NODO	ALTITUD (m)	NODO	ALTITUD (m)
N1	382	N9	335
N2	360	N10	350
N3	360	N11	355
N4	333	N12	350
N5	311	N13	362
N6	321	N14	372
N7	336	N15	380
N8	340	N16	377

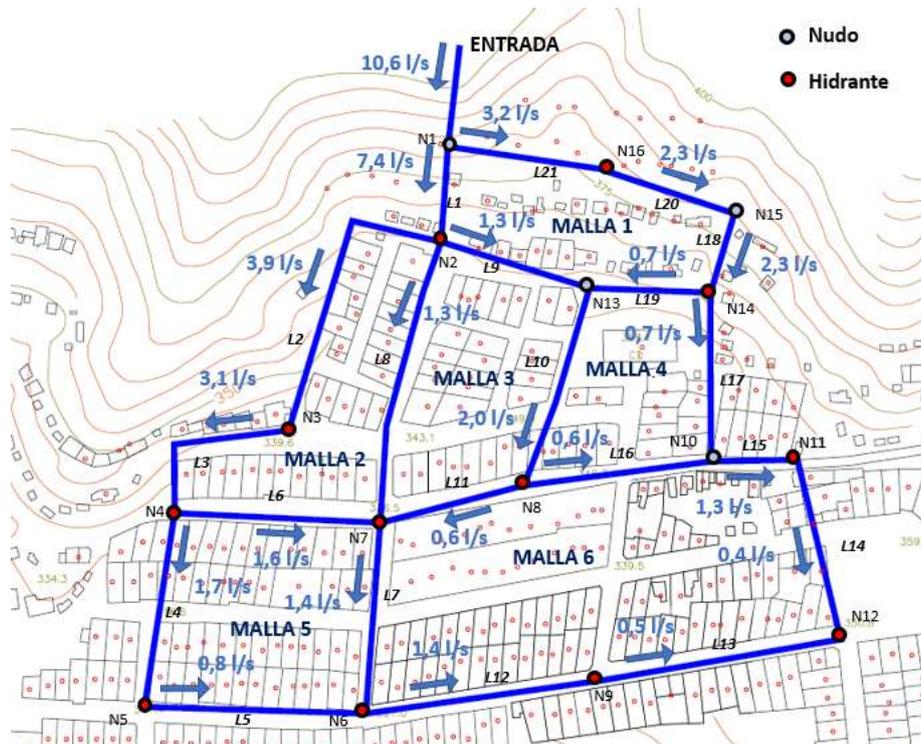
Una vez proporcionados los datos necesarios para desarrollar la actividad técnica propuesta, se requiere que el alumnado también reflexione y plantee su respuesta a las cuestiones abajo indicadas. Adicionalmente, se solicita vincular dichas reflexiones con el código ético de la profesión. Para tal fin, se pueden tomar como ejemplos los códigos deontológicos facilitados (ver *Anexos III y IV*), pudiendo emplearse otro documento similar si se considera conveniente.

1. Analizar y discutir los resultados técnicos obtenidos.
2. Plantear un esquema de gestión de la red que se construirá (máximo 2 páginas). En esta propuesta, se puede incidir sobre aspectos relativos a la organización entre los residentes del barrio, la relación con SEDAPAL, el control del agua suministrada (calidad, consumo, etc.), la estrategia a medio/largo plazo, la actuación en base a la población más vulnerable del barrio, la transferencia de conocimiento, etc. Adicionalmente, y desde el punto de vista ético, reflexionar sobre la necesidad/responsabilidad del ingeniero/a de participar en el proceso de diseño del sistema de gestión.

3. Detallar los posibles motivos por los que no se ha ejecutado un proyecto en el que se provea a las viviendas de conexión domiciliar de agua.
4. En el caso de emplear otro código ético de la profesión, comparar de forma breve las principales similitudes y diferencias con los códigos facilitados.
5. Comparar el resultado de construir fuentes públicas y conexiones domiciliarias desde la perspectiva y metodología del índice multidimensional planteado ($\text{Índice}_{\text{DHA}}$). Para tal fin, apoyarse en la propuesta conceptual detallada en la *Tabla 7*.
6. Reflexionar sobre la idoneidad de emplear el índice multidimensional propuesto para evaluar el nivel de servicio de agua. ¿Consideras que se deberían incluir las dimensiones del DHA para evaluar el desempeño de un prestador de servicio como SEDAPAL? Valorar pros y contras de implementar esta propuesta.

4.1. SOLUCIÓN Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Se han de realizar los cálculos hidráulicos para cada tramo. Para ello se debe partir de una primera suposición de reparto de caudales en cada malla, asignando unos sentidos de flujo aleatorios. Dichos sentidos y caudales servirán para realizar la primera iteración del proceso de cálculo. Una posible distribución de caudales podría ser la siguiente:

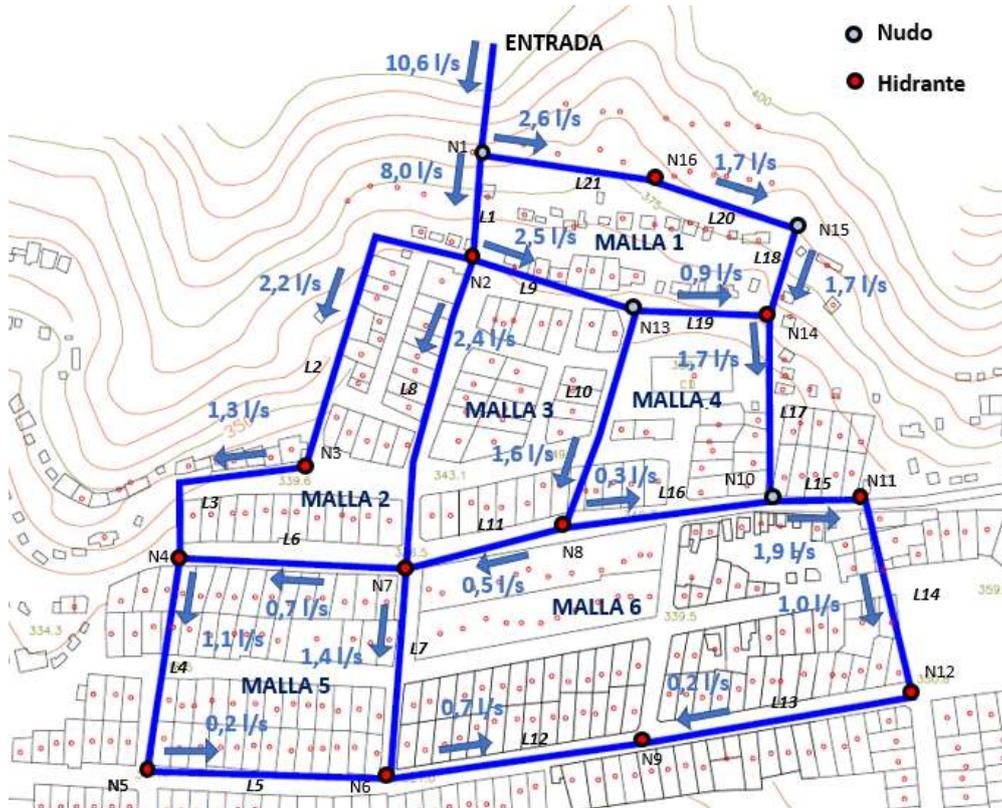


Para el cálculo de los diámetros de las tuberías se utiliza el método iterativo de Hardy-Cross (ver Anexo I). En primer lugar, se realiza un equilibrio de flujo entre los nudos y se calcula el diámetro interior teórico (D_t). Una vez se disponga de D_t , se ha de buscar el diámetro comercial más cercano que garantice unas velocidades comprendidas específicas. Por ejemplo, en caso de llegar a una velocidad de 0.5 m/s, se tomará el diámetro comercial de menor radio (en este caso, 90 mm). De esta manera, se presentan los resultados obtenidos:

ESTIMACIÓN DEL DIÁMETRO NECESARIO						
Nodo	Q (l/s)	v (m/s)	D_{int} (mm)	D_{int} comer. (mm)	D_{ext} comer. (mm)	Comprob. v
1	10.623	1,00	116.30	130.80	160 (P.N.16 ESP.)	0.79
2	6.551	1,00	91.33	114.60	140 (P.N.16 ESP.)	0.64
3	3.045	1,00	62.27	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.72
4	2.160	1,00	52.44	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.51
5	0.843	1,00	32.76	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.20
6	1.381	1,00	41.93	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.32
7	1.424	1,00	42.57	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.33
8	1.133	1,00	37.98	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.27
9	0.496	1,00	25.12	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.12
10	1.275	1,00	40.29	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.30
11	0.390	1,00	22.27	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.09
12	0.000	1,00	---	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.00
13	2.018	1,00	50.69	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.47
14	1.416	1,00	42.47	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.33
15	2.302	1,00	54.14	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.54
16	2.302	1,00	54.14	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.54

Una vez obtenidos estos valores, se realizará la iteración de los cálculos detallada en el taller guiado. Para ello, tal y como se ha mencionado, se utilizará como apoyo una hoja de cálculo Excel, debido a la gran cantidad de operación e iteraciones (mínimo 5 por malla).

El resultado de las iteraciones sería el siguiente:



Al igual que en el taller guiado, quedaría determinar las pérdidas de carga para garantizar que la presión en cada nudo sea la adecuada, al igual que las velocidades de circulación.

Tramo	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	L (m)	Rugos.	Q (l/s)	v (m/s)	H (m)	Δz (m)	P (mca)
1	140	114.6	47.6	150	8.04	0.78	0.24	22	29.76
2	90	73.6	146.3	150	2.22	0.52	0.58	22	29.42
3	90	73.6	81	150	1.33	0.31	0.13	49	56.87
4	90	73.6	94.7	150	1.12	0.26	0.11	47	54.89
5	90	73.6	109.6	150	0.24	0.06	0.01	61	68.99
6	90	73.6	101.9	150	0.68	0.16	0.04	61	68.96
7	90	73.6	95.4	150	1.37	0.32	0.16	61	68.84
8	90	73.6	141.2	150	2.42	0.57	0.66	46	53.34
9	90	73.6	77	150	2.52	0.59	0.39	20	27.61

Tramo	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	L (m)	Rugos.	Q (l/s)	v (m/s)	H (m)	Δz (m)	P (mca)
10	90	73.6	103.7	150	1.65	0.39	0.24	42	49.76
11	90	73.6	73.6	150	0.51	0.12	0.02	46	53.98
12	90	73.6	117.8	150	0.72	0.17	0.06	47	54.94
13	90	73.6	120.3	150	0.16	0.04	0.00	32	40.00
14	90	73.6	92.2	150	1.05	0.25	0.09	32	39.91
15	90	73.6	42.8	150	1.93	0.45	0.13	27	34.87
16	90	73.6	93.4	150	0.25	0.06	0.01	42	49.99
17	90	73.6	84.2	150	1.68	0.39	0.20	32	39.80
18	90	73.6	41.2	150	1.69	0.40	0.10	10	17.90
19	90	73.6	60	150	0.87	0.21	0.04	15	22.96
20	90	73.6	70	150	1.69	0.40	0.17	2	9.83
21	90	73.6	75.8	150	2.58	0.61	0.40	5	12.60

1. Una vez realizado el dimensionamiento, se solicitaba analizar y discutir los resultados técnicos obtenidos.

Unos de los primeros aspectos destacables es la existencia de ciertos tramos de canalización (tramos 9, 18, 19, 20 y 21, correspondientes a la malla 1) en los que la presión del agua no se encuentra entre los valores de comprobación citados con anterioridad (entre 30 y 60 mca). Estos valores de diseño sirven para asegurar las presiones de la red en el caso de edificaciones de varias plantas de altura sin necesidad de instalaciones adicionales. La urbanización actual de Collique y el sistema de distribución de fuentes admite unas presiones menores, dado que la distribución se realiza a nivel de suelo.

Como se ha dimensionado la red para que pueda soportar un futuro sistema de gestión domiciliario, se ha de tener en cuenta que, en las parcelas situadas en lo alto del barrio, la presión es inferior a 30 mca. Si las edificaciones más altas de la zona tienen más de dos pisos, es probable que se necesiten de bombas de agua para abastecer a los pisos superiores. Actualmente, las zonas más altas de Collique son las que presentan construcciones más precarias, disponiendo únicamente de planta baja (ver *Imagen 2*). Por este motivo, las presiones calculadas garantizan el servicio de agua corriente a estas cotas.

Algunos tramos de las cotas inferiores presentan presiones superiores a los 60 mca. Se recomienda que las presiones dentro de las tuberías sean inferiores a este valor para disponer de un margen de seguridad de los distintos elementos de la red (juntas, tuberías, válvulas). En los tramos en el que la presión sobrepasa este valor de diseño, se alcanzan valores entre el 10% y 15% más. Pese a que los diferentes componentes materiales que conforman la red se suelen diseñar para soportar presiones de 100 mca⁸, es importante tener en cuenta estas altas presiones para prever la posible instalación de reguladores a lo largo de la red.

Los diferentes componentes mecánicos de una red de abastecimiento no se han tratado en este caso de estudio, acotándose el problema a los cálculos de flujo y de equilibrio de mallas, no a los procedimientos constructivos de la propia red. Pese a ello, se deben tener en cuenta otras consideraciones técnicas complementarias a las expuestas (p.e. otros aspectos tratados en la asignatura).

Por otro lado, se puede afirmar que la red está lejos de los valores máximos de funcionamiento. Las velocidades de circulación del agua no llegan al valor de 1 m/s, el cual se considera como valor óptimo a la hora de dimensionar para un diámetro de tubería dado. Por lo tanto, la red resultante podría absorber un aumento de la demanda. Para corroborar esta afirmación, se recomienda realizar el ejercicio de doblar el caudal de entrada y reajustar la malla si fuera necesario. En el caso de que el barrio creciese en tamaño y población, a parte de un mayor consumo, sería necesario revisar la presión de entrada a la red de distribución planteada.

Por su parte, se puede observar como prácticamente la totalidad de las tuberías empleadas (salvo el tramo 1, por motivos de un mayor caudal de entrada) cuentan con el mismo tamaño comercial (90 mm de diámetro exterior). Utilizar el mismo diámetro de tubería resulta útil por motivos tanto de construcción como de mantenimiento.

2. En relación al esquema de gestión que se solicita, cabe destacar que es una respuesta abierta y no hay una única solución. Por lo tanto, no se proporciona ningún ejemplo específico al respecto.

Por otro lado, tal como se planteaba en el enunciado, se espera que el alumnado reflexione desde dos puntos de vista diferentes. En primer lugar, en todo lo relacionado con la propia gestión del servicio (organización entre los residentes, relación con SEDAPAL, control del agua suministrada, etc.). En segundo lugar, se pretende que se reflexione sobre la actividad

⁸ Documento Básico DB-HS 4 (punto 6.2.3), complementario al código Técnico de la Edificación (RD 314/2006, España).

profesional desde un punto de vista ético. En este sentido, y partiendo de la solución propuesta, se busca que el alumnado establezca vínculos con aspectos medioambientales, sociales y económicos con el código ético que hayan empleado.

3. Pueden existir varios motivos por los que no se ejecute un proyecto en el que se provea a las viviendas de conexión domiciliar de agua. Considerando que, al igual que en la cuestión anterior, la respuesta es abierta, a continuación se detallan algunas posibles líneas de reflexión. En primer lugar, un proyecto de esta índole lleva asociado una mayor complejidad de ejecución y un mayor coste económico. En concreto, en la red dimensionada, se han empleado 1,822 m de tubería para distribuir agua a los pilones (ver *Anexo VI*). En segundo lugar, el claro ahorro económico podría ser empleado en construir un sistema similar en algún otro punto de la ciudad donde exista una situación similar a la de Collique. El objetivo sería anteponer el número de personas accediendo al servicio que proporcionar un servicio óptimo a un número menor. En tercer lugar, la solución propuesta persigue la participación ciudadana en lo que a la gestión del servicio se refiere. En este sentido, se facilitaría la propia gestión del prestador de servicio y se favorecería al incremento de la sensibilización en todo lo que concierne a este servicio. No obstante, esta posible estrategia no estaría exenta de la aparición de posibles conflictos entre ambas partes.

4. En el caso de emplear otro código ético de la profesión, se solicita identificar aquellos aspectos principales en los que coinciden y difieren con los códigos aportados a modo de ejemplo (*Anexos III y IV*). En el caso de emplear los códigos facilitados, no será necesario contestar a esta cuestión. El objetivo principal de pregunta es que el alumnado conozca y reflexione en torno al código deontológico de la profesión.

5. A continuación se muestran los resultados cuantitativos del índice multidimensional Índice_{DHA} para los casos de abastecer a la población de Collique a través de fuentes públicas (pilones) o conexiones domiciliarias. Para definir los valores asociados a las dimensiones del DHA, se emplea el marco conceptual propuesto en la *Tabla 7* de este documento. Los pesos asociados a cada dimensión se mantienen constantes de acuerdo a la investigación realizada en Collique.

PILONES	Calidad (CAL)	Accesibilidad (ACC)	Disponibilidad (DIS)	Aceptabilidad (ACP)	Asequibilidad (ASQ)
Valor	0.5	0.25	0.75	0.5	0.75
Peso	w ₁	w ₂	w ₃	w ₄	w ₅
	0.45	0.26	0.16	0.09	0.04
Índice_{DHA}	0.52				

CONEX. DOMICIL.	Calidad (CAL)	Accesibilidad (ACC)	Disponibilidad (DIS)	Aceptabilidad (ACP)	Asequibilidad (ASQ)
Valor	1	0.75	1	0.75	0.75
Peso	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5
	0.45	0.26	0.16	0.09	0.04
Índice_{DHA}	0.89				

En relación a los resultados obtenidos, se puede apreciar la clara diferencia entre las dos posibles soluciones. Teniendo en cuenta que el valor actual es de 0.37 (ver *Sección 2.5*), esta valoración aumentaría un 30% (0.52) construyendo fuentes públicas y un 60% (0.89) en el caso de proveer de conexiones domiciliarias.

6. Aunque esta cuestión también es abierta a la opinión del alumnado, existen algunos aspectos que se desea señalar. Como aspectos positivos, el empleo de marco de monitoreo común, como el que se plantea, ofrecería una visión más cercana a la realidad, alineada con el reconocimiento de este servicio como Derecho Humano. Al mismo tiempo, facilitaría la comparación entre diferentes áreas/regiones, apoyando de forma objetiva la priorización en torno a qué hacer y dónde invertir, visibilizando aquellos sectores de la población más vulnerables. Adicionalmente, se fomentaría la transparencia por parte del prestador de servicio. Como aspectos negativos, y en función de los resultados que proporcionaría el uso de este índice, podrían surgir conflictos con la población si la valoración fuese baja. Por otro lado, el obtener y actualizar la información concerniente a las dimensiones del DHA tendría, sobre todo en los primeros años de implementación, un coste extra para el prestador. Aún más si se desease también incidir en los impactos descritos en la actividad en el aula. No obstante, cabe decir que este último aspecto no debería de ser responsabilidad exclusiva del prestador de servicio.

Finalmente, se desea añadir la alineación existente con la meta 6.1 del ODS 6. Aunque existen ciertas diferencias con los indicadores propuestos a nivel internacional, los cuales no incluyen aspectos de asequibilidad y aceptabilidad, este índice multidimensional podría representar un punto de partida para integrar de forma íntegra las dimensiones del DHA. No obstante, habría que profundizar en una propuesta más general que pueda emplearse en diferentes realidades.

Criterios de evaluación

Para evaluar esta actividad se solicitará la entrega de un informe (incluido el anexo con los cálculos pertinentes) que resuelva todas las cuestiones planteadas en la actividad.

Para la evaluación del informe, se recomienda el empleo de la rúbrica citada con anterioridad (ver *Anexo VI*). Este instrumento identifica de forma específica qué aspectos de la actividad fuera del aula se considerarán y cómo se puntuarán.

No obstante, y como se ha mencionado con anterioridad, el docente es libre de elegir un método alternativo de evaluación si lo cree conveniente.

BIBLIOGRAFÍA

ANA. Autoridad Nacional del Agua. 2010. Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos. Ley N° 29338. Available from: <<http://www.ana.gob.pe/media/533045/reglamento%20lrh%20-%20n%C2%BA%2029338.pdf>> [5 December 2017].

Cairncross, S., and Valdmanis, V. 2006. "Water Supply, Sanitation, and Hygiene Promotion". In: Jamison, D.T., Breman, J.G., Measham, A.R., Alleyne, G., Claeson, M., Evans, D.B., Jha, P., Mills, A., Musgrove, P. (Eds.). *Disease Control Priorities in Developing Countries*. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, Washington DC.

Carter, R.C., Tyrrel, S.F., and Howsam, P. 1999. "Impact and Sustainability of Community Water Supply and Sanitation Programmes in Developing Countries". *Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management* 13. 292–296.

Environmental Protection Agency (EPA). EPANET: Model for Water Distribution Piping Systems. Available from: <<https://www.epa.gov/water-research/epanet>>.

Flores-Baquero, O. 2015. "Development of Methods for Monitoring the Water and Sanitation Sector at Different Scales through Human Rights Lenses". Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, Spain. Available at: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/95834>.

Grau Huguet, H. 2017. "Marco conceptual para el monitoreo de servicios de agua potable y saneamiento en entornos metropolitanos desde una perspectiva de derechos humanos. Aplicación a Lima (Perú)". Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, Spain. Available at: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/104263>.

INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú. 2015. Estado de la Población Peruana 2015. Available from: <http://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1251/Libro.pdf> [5 December 2017].

Ioris, A. 2016. "Water Scarcity and the Exclusionary City: the Struggle for Water Justice in Lima, Peru". *Water International* 41, 125-139. doi:10.1080/02508060.2016.1124515.

Jiménez Terán, J.M. 2013. "Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario". Facultad de Ingeniería Civil, Campus Xalapa de la Universidad Veracruzana. Available from: <<https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>>

Joint Monitoring Programme. 2015. “Progresos en Materia de Saneamiento y Agua Potable: Informe de Actualización 2015 y Evaluación del ODM”. New York and Geneva.

Joint Monitoring Programme. 2017. “Progresos en Materia de Agua Potable, Saneamiento e Higiene: Informe de Actualización de 2017 y línea de base de los ODS”. New York and Geneva.

Municipalidad Metropolitana de Lima. 2016. Plan de Desarrollo Local Concertado de Lima Metropolitana 2016 – 2021.

Available from: <<https://eduardoiberico.files.wordpress.com/2016/08/plan-de-desarrollo-local-concertado-de-lima-metropolitana-2016-2021.pdf>> [6 December 2017].

Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo. “Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB-HS 4”. Ministerio de Vivienda de España. Available from: <<https://www.boe.es/boe/dias/2006/03/28/pdfs/C00001-00952.pdf>> [31 Enero 2018]

Shepetukha, Y. and Olson, D.L. 2001. “Comparative Analysis of Multiattribute Techniques Based on Cardinal and Ordinal Inputs”. *Mathematical and Computer Modelling* 34. 229–241. doi: 10.1016/S0895-7177(01)00056-5.

SUNASS, Superintendencia Nacional de los Servicios de Saneamiento. 2015.

Benchmarking Regulatorio de las EPS. Available from:

<http://www.sunass.gob.pe/benchmark/benchmarking_datos_2015_.pdf> [6 December 2017].

United Nations and World Health Organization. 2012. “No One Left Behind: Good Practices to Ensure Equitable Access to Water and Sanitation in the Pan-European Region”. New York and Geneva.

United Nations General Assembly. 2010a. “Human Rights and Access to Safe Drinking Water and Sanitation”. Resolution A/HRC/RES/15/9.

United Nations General Assembly. 2010b. “The Human Right to Water and Sanitation”. Resolution A/RES/64/292.

UN-Water. 2016. “Water and Sanitation Interlinkages across the 2030 Agenda for Sustainable Development”. Geneva.

World Health Organization (WHO). 2003. "Domestic Water Quantity, Service Level and Health". Geneva.

ANEXOS

- I. Parámetros a tener cuenta para el dimensionamiento de una red
< A.I_Parametros_dimensionamiento_red.pdf >
- II. Esquema de cálculos para una red mallada < A.II_Calculo_red_mallada.pdf >
- III. Ejemplo código ético ingeniería (en español)
< A.III_Codigo_Deontologico_Ingenieros_Industriales.pdf >
- IV. Ejemplo código ético ingeniería industrial (en inglés)
< A.IV_Codigo_Deontologico_ASCE_english.pdf >
- V. Cálculos actividad en el aula < A.V_Calculos_actividad_aula.xlsx >
- VI. Cálculos actividad fuera del aula < A.VI_Calculos_actividad_fuera_aula.xlsx >
- VII. Rúbrica de evaluación < A.VII_Rubrica_evaluacion.pdf >



GDEE

GLOBAL
DIMENSION IN
ENGINEERING
EDUCATION

<http://www.gdee.eu>



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

UAB

**Universitat Autònoma
de Barcelona**

Este proyecto está financiado por:



**Ajuntament
de Barcelona**

CASOS DE ESTUDIO

Análisis Multivariante y Construcción de Índices: Minería de Datos Aplicada al Sector Agua y Saneamiento Rural en Honduras

Camila Vergara Fuentes y Agustí Pérez Foguet



FOTO: "Ingeniería local", Honduras. David Requejo-Castro



GDEE | GLOBAL
DIMENSION IN
ENGINEERING
EDUCATION

CASOS DE ESTUDIO **Análisis Multivariante y Construcción de Índices:
Minería de Datos Aplicada al Sector Agua y
Saneamiento Rural en Honduras**

EDITADO POR

Engineering Sciences and Global Development Research Group,
Universitat Politècnica de Catalunya

COORDINADO POR

David Requejo-Castro, Ricard Giné-Garriga
y Agustí Pérez-Foguet (*Universitat Politècnica de Catalunya*)

DL B. 5491-2018
ISBN 978-84-697-9507-1

Esta obra está publicada bajo una Licencia
Creative Commons Reconocimiento
- NoComercial - CompartirIgual



Citación: Vergara Fuentes, C. y Pérez-Foguet, A. 2018. "Análisis Multivariante y Construcción de Índices: Minería de Datos Aplicada al Sector Agua y Saneamiento Rural en Honduras". En ODS 6 en el Aula de Ingeniería desde la Experiencia en Proyectos de Cooperación. ESCGD (eds.). Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Barcelona. Disponible en: <http://www.eduglobalstem.cat/recursos/>

Descargo de responsabilidad: Este documento ha sido producido con el apoyo financiero del Ayuntamiento de Barcelona. El contenido de este documento es responsabilidad exclusiva de los autores y bajo ninguna circunstancia puede considerarse que refleja la posición del Ayuntamiento de Barcelona.

2

ANÁLISIS MULTIVARIANTE Y CONSTRUCCIÓN DE ÍNDICES: MINERÍA DE DATOS APLICADA AL SECTOR AGUA Y SANEAMIENTO RURAL EN HONDURAS

Camila Vergara Fuentes, Universitat Politècnica de Catalunya.

Agustí Pérez Foguet, Universitat Politècnica de Catalunya.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. DISCIPLINAS CUBIERTAS.....	3
1.2. RESULTADOS DE APRENDIZAJE.....	4
1.3. ACTIVIDADES.....	4
2. DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO	5
2.1. BREVE HISTORIA DEL MONITOREO DEL ACCESO A AGUA Y SANEAMIENTO.....	5
2.2. HONDURAS, LEMPIRA: CONTEXTO DEL CASO DE ESTUDIO	10
2.3. SISTEMA DE INFORMACIÓN DE AGUA Y SANEAMIENTO RURAL (SIASAR).....	15
2.4. LA ESTADÍSTICA COMO HERRAMIENTA PARA EL ANÁLISIS DE DATOS	19
3. ACTIVIDAD EN EL AULA	21
3.1. SOLUCIÓN Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN	25
4. ACTIVIDAD AUTÓNOMA FUERA DEL AULA.....	29
4.1. SOLUCIÓN Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN	32
BIBLIOGRAFÍA	33
ANEXOS	36

1. INTRODUCCIÓN

El acceso al agua, el saneamiento y la higiene (WaSH, por sus siglas en inglés) son fundamentales para el desarrollo humano y su bienestar. No son sólo objetivos por sí mismos, sino también son críticos para el logro de otros objetivos de desarrollo. Sin embargo, demasiadas personas no tienen garantizado el acceso a estos servicios básicos. Esta situación ha sido reconocida por los Estados Miembros de las Naciones Unidas, quienes ya en el año 2000 suscribieron la Declaración del Milenio, que condujo a los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). Posteriormente en septiembre de 2015, se celebró una cumbre histórica de las Naciones Unidas donde los dirigentes mundiales aprobaron los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Estos nuevos Objetivos están basados en las personas y a través de ellos, en los próximos 15 años, los países intensificarán los esfuerzos para poner fin a la pobreza en todas sus formas, reducir la desigualdad y luchar contra el cambio climático garantizando, al mismo tiempo, que nadie se quede atrás. Específicamente, el Objetivo 6 insta a garantizar la disponibilidad de agua, y su gestión sostenible, y el saneamiento para todos a través de 8 metas propuestas para el año 2030.

Para poder alcanzar estos objetivos, ha sido necesaria la elaboración de una estrategia global y definir qué factores deben considerarse, y cómo, con la voluntad de aportar cierta guía en la aplicación de las posibles actuaciones. En este contexto, los indicadores e índices juegan un rol destacable, al aportar información que permite dar respuesta a algunas interrogantes sobre qué, cómo, dónde y quienes deben actuar.

En este caso de estudio se introducirá la situación actual en relación al acceso al agua y saneamiento y cómo ha evolucionado el monitoreo del sector en los últimos años. En segundo lugar, se realizará un acercamiento específico a la realidad Hondureña. Finalmente, se proporcionará la información necesaria referente a la situación del sector agua y saneamiento y al contexto de trabajo (base de datos del Departamento de Lempira, Honduras) para ejecutar las actividades propuestas.

1.1. DISCIPLINAS CUBIERTAS

La principal disciplina abordada en este caso de estudio es el análisis de datos reales a través de técnicas estadísticas, incluyendo el Análisis de Componentes Principales y la Regresión Lineal Múltiple, según la disponibilidad de información (datos y valoraciones cuantitativas). El objetivo es facilitar la comprensión de estas técnicas y aplicarlas utilizando un software especializado, analizando las series de datos e interpretando los resultados.

Bajo estas premisas, se considera indispensable el manejo de algunos conocimientos básicos de estadística.

No menos importante, también se abordan aspectos relacionados con la cooperación al desarrollo, al mismo tiempo que se promueve el trabajo en equipo, ya que la mayor parte de las actividades propuestas se hacen en pequeños grupos, estimulando en última instancia un debate general en el aula.

1.2. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Como resultado de este caso de estudio, se espera que el alumnado sea capaz de:

- Comprender el problema de la falta de acceso a los servicios de agua potable y saneamiento y sus consecuencias para el desarrollo humano, así como los vínculos con la pobreza;
- Comprender cómo la gestión de la información puede apoyar en los procesos de toma de decisión, como por ejemplo la asignación de recursos en una región de estudio determinada;
- Aplicar el análisis estadístico sobre datos reales mediante el uso de software estadístico especializado, además de otros análisis estadísticos básicos;
- Conocer y utilizar técnicas estadísticas como el Análisis de Componentes Principales y Regresión Lineal para ser aplicadas al análisis de datos.

1.3. ACTIVIDADES

El trabajo a llevar a cabo se plantea en base a dos actividades. Una primera actividad en el aula que, al mismo tiempo, se subdivide en dos bloques. El primer bloque invitará a reflexionar sobre los conocimientos teóricos presentados a través del planteamiento de diversas cuestiones. En el segundo bloque, a modo de “taller”, el alumnado será guiado en la aplicación de conceptos de estadística básica, la metodología de Análisis de Componentes Principales (ACP), la aplicación de Regresión Lineal Múltiple (RLM) y la correspondiente construcción de índices. Dichos conceptos se abordarán a través del empleo del software libre R (versión 1.0.143).

La segunda actividad se realizará de forma autónoma, pero en pequeños grupos (aproximadamente de 3 personas). Básicamente se instará al alumnado a aplicar los

conceptos y métodos aprendidos en la actividad anterior. Sin embargo, se exigirá un nivel de profundización más amplio, a través de una simulación asociada con los procesos toma de decisión referentes al caso de estudio presentado.

Cada una de las actividades realizadas con el apoyo del software específico está compuesta de 4 partes:

- Parte 0: Análisis estadístico univariado y multivariado
- Parte I: Aplicación de Técnica no Supervisada
- Parte II: Aplicación de Técnica Supervisada
- Parte III: Reflexión

2. DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO

En esta sección se proporciona información relevante que permite contextualizar el caso de estudio. En primer lugar, se expone la evolución que el sector agua y saneamiento ha experimentado en cuanto al monitoreo se refiere. Al mismo tiempo, se ofrece las últimas estimaciones existentes a nivel global con el fin de mostrar la situación existente en el sector. En segundo lugar, se presenta la situación específica en Honduras, resaltando aspectos como la gobernanza del sector. Y en última instancia, se introducen los aspectos básicos del Sistema de Información de Agua y Saneamiento Rural (SIASAR), iniciativa que se extiende por 11 países de Latinoamérica y el Caribe y de la que Honduras es precursor. Adicionalmente, se proporcionarán datos reales asociados a este sistema de información para llevar a cabo las actividades planteadas.

2.1. BREVE HISTORIA DEL MONITOREO DEL ACCESO A AGUA Y SANEAMIENTO

El acceso al agua, el saneamiento y la higiene (WaSH, por sus siglas en inglés) son fundamentales para el desarrollo humano y su bienestar (Carter et al., 1999; Cairncross & Valdmanis, 2006). La mejora de estos aspectos no son sólo objetivos en sí mismos, sino que también son esenciales para el logro de otros objetivos de desarrollo como la nutrición adecuada, la igualdad de género, la educación y la erradicación de la pobreza (Joint Monitoring Programme, 2015a). En este contexto, el monitoreo y la evaluación son fundamentales para la toma de decisiones, ya que los gobiernos, la sociedad civil y los donantes necesitan datos objetivos y fiables en los que basar los mecanismos de planificación, priorización y rendición de cuentas.

En 1977, se celebró la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua en Mar del Plata (Argentina), creándose como resultado la primera iniciativa internacional para monitorear el estado y las tendencias en lo concerniente al acceso a agua y saneamiento. Como consecuencia de esta Conferencia, en la que de forma destacada participaron tanto países con altos ingresos como bajos, se declaró durante el periodo 1981 - 1990 la Década Internacional del Abastecimiento de Agua y Saneamiento. El objetivo fue la provisión universal de agua y saneamiento seguros. Durante este periodo los gobiernos de cada país proporcionaron estimaciones propias en el monitoreo del progreso acontecido. A pesar de que el objetivo de proporcionar agua y saneamiento para todos no se cumplió, se aprendieron importantes lecciones. Por un lado, se cuestionó la fiabilidad de los datos empleados (Cotton & Bartram, 2008). En este sentido, se puso de manifiesto la necesidad de basar las estimaciones en muestras representativas de la población. Por otro lado, se señaló la idoneidad de definir un marco de monitoreo conjunto desde la perspectiva de “no se puede gestionar lo que no se puede medir” (Creech et al., 2002, citado por Giné-Garriga, 2015).

En respuesta a estas necesidades, en 1990, la Organización Mundial de la Salud (WHO, por sus siglas en inglés) y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF, por sus siglas en inglés) combinaron esfuerzos con el Programa de Monitoreo Conjunto de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (JMP, por sus siglas en inglés), cuyo objetivo principal fue y es monitorear los progresos nacionales hacia la universalidad del acceso al agua y saneamiento seguros. Desde entonces, el sector del agua y saneamiento ha experimentado una importante transición en la forma de evaluar el acceso a estos servicios. Inicialmente, se empleaban básicamente indicadores que cuantificaban el mero acceso a la infraestructura de agua o saneamiento en términos de cobertura. Progresivamente, el monitoreo del sector se orientó a realizarse en términos más amplios de “nivel o calidad del servicio” en lugar de en términos de “cobertura” únicamente. De hecho, el término "nivel de servicio" ha sido ampliamente discutido y usado para categorizar y diferenciar entre calidades de servicio (Lloyd and Bartram, 1991; Howard and Bartram, 2003; Moriarty et al., 2011; Potter et al., 2011; Giné-Garriga et al., 2011; Giné-Garriga & Pérez-Foguet, 2013a).

En el año 2000, los Estados Miembros de las Naciones Unidas suscribieron la Declaración del Milenio, que condujo a la formulación de los Objetivos de Desarrollo del Milenio¹ (ODM), donde se instaba a la comunidad internacional a reducir a la mitad, para 2015, la proporción de personas sin acceso sostenible a agua potable y a servicios básicos de saneamiento. Durante la primera mitad de este periodo, y con el fin de mejorar la comparación de la información entre países, el JMP definió una serie de criterios para describir el progreso en

¹ Para más información consultar: <http://www.un.org/es/millenniumgoals/bkgd.shtml>

el nivel de servicio de agua y saneamiento. En lo que al acceso al agua se refiere, y en base a la tecnología empleada, se asumieron que algunas infraestructuras eran mejor que otras. En consecuencia, se propuso una “escalera” con tres peldaños que hacían referencia a un nivel de servicio “no mejorado”, “mejorado” y con “conexión domiciliar” (Joint Monitoring Programme, 2008). En relación al saneamiento, y considerando el amplio rango de tecnologías existentes según el contexto, se definió la idoneidad (concepto de “mejorado”) de la infraestructura en tanto y cuanto fuese de uso privado y separase higiénicamente la excreta del contacto humano (Joint Monitoring Programme, 2008). Como resultado, se presentó una “escalera” con cuatro peldaños: “defecación al aire libre” (escalón inferior), “no mejorado”, “compartido” y “mejorado” (escalón superior). En este sentido, únicamente aquellas personas con acceso a unos servicios de agua y saneamiento “mejorados” se consideraban “cubiertas”. Durante el periodo de los ODM, se realizaron importantes avances. Sin embargo, en 2015, las estimaciones reflejaban que 663 millones de personas alrededor del mundo aún utilizaban fuentes no mejoradas de agua potable y 2,400 millones de personas utilizaban instalaciones de saneamiento no mejoradas. Al mismo tiempo, se estimaba que el 79% de aquellas personas que no accedían a agua mejorada se encontraban en zonas rurales, donde sólo el 51% accedía a saneamiento mejorado (Joint Monitoring Programme, 2015a).

Todos los países donde menos del 50% de la población utiliza fuentes mejoradas de agua potable pertenecen a África subsahariana y Oceanía

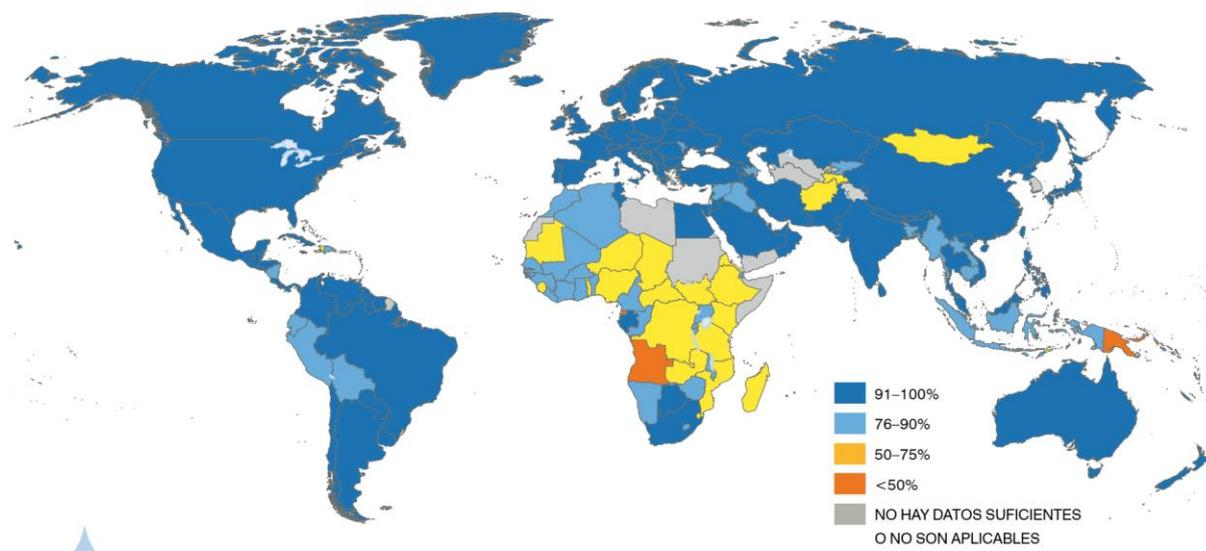


Figura 1 Proporción de la población que usa fuentes mejoradas de agua potable en 2015. Fuente: Joint Monitoring Programme, 2015a.

En 47 países, zonas y territorios, menos de la mitad de la población usa servicios de saneamiento mejorados en 2015

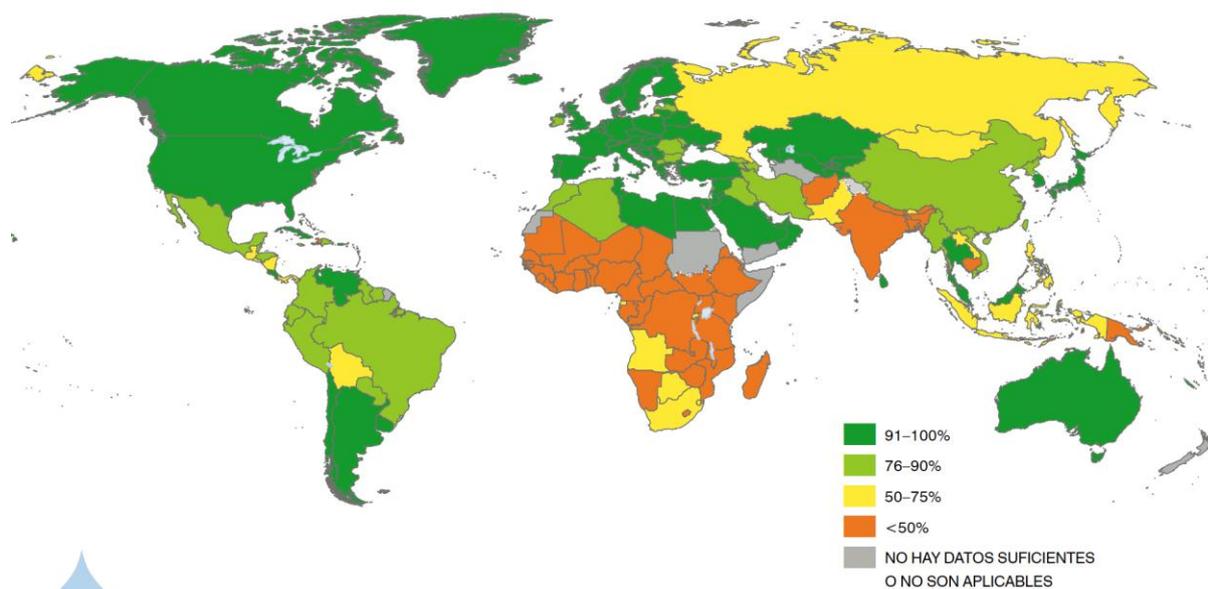


Figura 2 Proporción de la población que usa instalaciones de saneamiento mejoradas en 2015.

Fuente: Joint Monitoring Programme, 2015a.

En 2010, la Asamblea General de la ONU y el Consejo de Derechos Humanos de la ONU reconocieron el agua y el saneamiento como un derecho humano (United Nations General Assembly, 2010a; 2010b). Estos derechos humanos, tal y como se describen en las respectivas resoluciones de la Asamblea General, se cumplen mediante la realización progresiva del acceso universal a servicios suficientes, seguros, físicamente accesibles y asequibles (United Nations General Assembly, 2010a, 2010b).

En 2015, la Asamblea General de la ONU adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, que también tiene la intención de fortalecer la paz universal y el acceso a la justicia. Dicha agenda establece 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible² (ODS) y 169 metas diseñadas para ser universalmente pertinentes y aplicables a todos los países. Los ODS exigen un enfoque integrado con respecto a las dimensiones sociales, económicas y medioambientales. Al igual que en los ODM, los ODS integran un objetivo específico para el agua y saneamiento (ODS 6), que incluye una serie de metas que abordan todos los aspectos del ciclo del agua y el saneamiento, al mismo tiempo que reflejan la impregnación del reconocimiento del agua y saneamiento como derecho humano. Las Figuras 3 y 4 plasman la interpretación normativa de las metas 6.1 y 6.2, que hacen referencia al abastecimiento de agua y saneamiento.

² Para más información consultar: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

META 6.1: Para 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable, a un precio asequible para todos.

TÉRMINOS USADOS EN LAS METAS PROPUESTAS		INTERPRETACIÓN NORMATIVA
Para 2030, lograr	el acceso	Significa que hay agua suficiente para satisfacer las necesidades domésticas a disposición cerca de los hogares.
	universal	Se refiere a todos los entornos y escenarios de cobertura, incluidos hogares, escuelas, centros de salud, lugares de trabajo, entre otros.
	y equitativo	Significa reducir y eliminar progresivamente las desigualdades entre distintos grupos de población.
	al agua potable	Es el agua utilizada para beber, cocinar, preparar alimentos y la higiene personal. El agua potable siempre está libre de agentes patógenos y de niveles más elevados propiamente "nocivos" o "dañosos" de productos químicos tóxicos.
	a un precio asequible	El pago por los servicios no representa un obstáculo para el acceso ni impide que las personas satisfagan otras necesidades humanas básicas.
	para todos	Adecuada para su uso por hombres, mujeres, niños y niñas de todas las edades, incluidas personas con discapacidad.

Figura 3 Interpretación normativa sobre los términos utilizados en la meta 6.1. Fuente: Joint Monitoring Programme, 2017.

META 6.2: Para 2030, lograr el acceso equitativo a servicios de saneamiento e higiene adecuados para todos y poner fin a la defecación al aire libre, prestando especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas y las personas en situaciones vulnerables.

TÉRMINOS USADOS EN LAS METAS PROPUESTAS		INTERPRETACIÓN NORMATIVA
Para 2030, lograr	el acceso	Significa instalaciones cerca del hogar a las que es fácil acceder y que son fáciles de usar cuando es necesario.
	equitativo	Significa reducir y eliminar progresivamente las desigualdades entre distintos grupos de población.
	a servicios de saneamiento	El saneamiento son las instalaciones y servicios para la gestión y la eliminación seguras de la orina y las heces humanas.
	e higiene	La higiene se refiere a las condiciones y prácticas que ayudan a mantener la salud y prevenir la propagación de enfermedades; incluye el lavado de manos, el manejo de la higiene menstrual y la higiene de los alimentos.
	adecuados	Se refiere a un sistema que separa de forma higiénica los excrementos humanos del contacto humano y que permite la reutilización o el tratamiento seguros de los excrementos en el lugar, o su transporte seguro a otro sitio designado de eliminación o tratamiento seguro.
	para todos	Adecuada para su uso por hombres, mujeres, niños y niñas de todas las edades, incluidas personas con discapacidad.
	y poner fin a la defecación al aire libre	Defecación en la cual los excrementos de adultos o niños se depositan (directamente o después de cubrirse con una capa de tierra) en un matorral, un campo, una playa o cualquier otro espacio al aire libre; se descargan directamente en un canal de drenaje, un río, el mar o cualquier otro cuerpo de agua; o se envuelven provisionalmente en algún material y luego se desechan.
	prestando especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas	Significa reducir la carga de ir a buscar agua y permitir que las mujeres y las niñas gestionen las necesidades de saneamiento e higiene con dignidad. Se debe prestar especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas en los entornos de "uso intensivo", como las escuelas y los lugares de trabajo, y los entornos de "alto riesgo", como los centros de salud y centros de detención.
	y las personas en situaciones vulnerables	Significa atender las necesidades específicas de ASH de "casos especiales", incluidos campos de refugiados, centros de detención, concentraciones masivas y peregrinaciones.

Figura 4 Interpretación normativa sobre los términos utilizados en la meta 6.2. Fuente: Joint Monitoring Programme, 2017.

En términos de monitoreo, y con el fin de informar sobre los progresos hacia las metas 6.1 y 6.2, se propusieron ampliar las "escaleras" de agua y saneamiento mencionadas anteriormente. Entre las principales diferencias propuestas destacan el establecimiento de un nuevo umbral o "peldaño" superior para el nivel de servicio de agua potable y el saneamiento (denominado "de gestión segura"). Adicionalmente, se propone una "escalera" específica para la higiene (lavado de manos). Así, la escalera de agua potable distingue

entre “servicios gestionados de forma segura”, “servicios básicos”, “no mejorados” y “agua superficial” (sin servicio). El saneamiento, por su parte, se desagrega en “servicios gestionados de forma segura”, “servicios básicos”, “servicios limitados” (instalaciones compartidas), “no mejorados” y “defecación abierta”. Finalmente, la escalera de higiene informa por separado sobre las “instalaciones básicas”, “limitadas” (con agua, pero sin jabón) y “sin instalaciones”. La idea subyacente detrás de la mejora de los niveles de servicio es no sólo aumentar el número de personas con acceso, sino también promover mejoras progresivas en la calidad de los servicios, basándose en los criterios normativos del derecho humano al agua y saneamiento (disponibilidad, calidad, accesibilidad, aceptabilidad y asequibilidad). Por lo tanto, los indicadores utilizados para el monitoreo han sido diseñados para que coincida con la interpretación normativa de este derecho tan cerca como sea posible, reconociendo al mismo tiempo que algunos elementos aún no son posibles de medir de forma rutinaria. Se debe poner de relevancia que no se espera que los países copien y peguen los objetivos mundiales en los planes nacionales. En este sentido, la Agenda 2030 pide a los países que fijen sus propias metas nacionales guiadas por las ambiciones del nivel mundial, pero teniendo en cuenta las circunstancias nacionales. Los indicadores mundiales pueden utilizarse incluso si las metas nacionales apuntan a alcanzar cierto nivel antes del 2030 en vez de una cobertura universal. En algunos países donde los servicios básicos aún no son universales, los objetivos nacionales pueden centrarse más en los “peldaños” inferiores de las “escaleras” de agua, saneamiento e higiene (Joint Monitoring Programme, 2017).

2.2. HONDURAS, LEMPIRA: CONTEXTO DEL CASO DE ESTUDIO

La República de Honduras es un país de América, ubicado en el centro-norte de América Central. Está limitada al norte y al este por el mar Caribe, limita al sureste con Nicaragua, al sur con el Golfo de Fonseca y El Salvador, y al oeste con Guatemala. Honduras se divide en 18 departamentos y éstos en 298 municipios, según el Censo de 2001. Por otro lado, se estima la existencia de aproximadamente 3,731 Aldeas y 30,591 Caseríos.

La población se dedica principalmente a actividades agropecuarias, comercio, manufacturas, finanzas y servicios. El territorio es muy accidentado, con altas montañas, elevadas planicies y valles profundos, que albergan una enorme biodiversidad. Honduras conserva algunas de los mejores restos arqueológicos de la cultura maya y buenos ejemplos de la avanzada ingeniería hidráulica de sus asentamientos.



Figura 5 Mapa político de Honduras³.

Tabla 1 Información general. Fuente: <http://www.presidencia.gob.hn/index.php/honduras/historia>.

INFORMACIÓN GENERAL DE HONDURAS	
Nombre Oficial	República de Honduras
Capital	Tegucigalpa, MDC
Extensión Territorial	112,492 km ²
Población	8,630,890 hab. (2015) [INE]
Densidad Poblacional	75 hab. / km ²
Idioma Oficial	Español
Moneda	Lempira

Situación actual del sector Agua y Saneamiento

Honduras pertenece al grupo de América Latina y el Caribe en las evaluaciones realizadas por el JMP. Se sitúa dentro de uno de los 16 países que logró aumentar en más de 25 puntos porcentuales el acceso a agua corriente en los hogares y reducir en más de 25

³ Fuentes: www.wikipedia.org; mapadehonduras.blogspot.com

puntos porcentuales la defecación al aire libre entre 1990 y 2015 (Joint Monitoring Programme, 2015). Las últimas estimaciones proporcionadas reflejan que:

- Aumentó de 92 a 97% la población con fuentes mejoradas en zonas urbanas
- Aumentó de 60 a 84% la población con fuentes mejoradas en zonas rurales
- Aumentó de 70 a 83% la población con instalaciones mejoradas en zonas urbanas
- Aumentó de 33 a 78% la población con instalaciones mejoradas en zonas rurales

A pesar de haber alcanzado las metas propuesta por los ODM, siguen existiendo importantes disparidades entre la población más rica y más pobre en especial en las zonas rurales del país. Además aún existe población que destina más de 30 minutos en cada desplazamiento para buscar agua potable y continúa siendo uno de los países donde la recogida del agua en zonas rurales recae principalmente sobre las mujeres.

Gobernanza

El sector de Agua Potable y Saneamiento (APS) de Honduras está viviendo un proceso de profundo cambio en base a sus políticas de descentralización, en las que se establece la transferencia ordenada de los servicios de APS a las Municipalidades.

La Ley Marco, aprobada en 2003, señala la necesidad de readecuar el marco legal e institucional del sector APS, a efecto de mejorar la planificación, regulación, control y prestación de los servicios. Enmarcado en la política de descentralización del Estado, se persigue asignar un papel protagonista a los Gobiernos Municipales y a la necesidad de contar con una amplia participación de los sectores sociales, lo que implica establecer mecanismos que propicien la participación conjunta de la autoridad municipal y de la ciudadanía. De esta manera, la Ley Marco determina de forma precisa los diferentes roles de los actores del sector. Se debe destacar que los agentes nacionales ejercen sus competencias tanto a nivel rural como urbano.

A nivel estatal, el CONASA (Consejo Nacional de Agua Potable y Saneamiento) representa el ente rector. Principalmente, se responsabiliza de la formulación de políticas, la definición de objetivos y metas, el desarrollo de las estrategias y planes nacionales, la elaboración del plan de inversiones, entre otros. Como entidad reguladora de la prestación de APS se encuentra el ERSAPS (Ente Regulador de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento) con independencia funcional, técnica, administrativa y presupuestaria. El SANAA (Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados) cumple principalmente dos roles en torno al sector agua y saneamiento rural. Por un lado, como secretaria técnica del CONASA

en la formulación de políticas (funciones rectoras) y por el otro, como ente de asistencia técnica y de apoyo en la ejecución de programas rurales. Aunque sin contar con una mención específica en la Ley Marco de 2003, cabe destacar la presencia en el sector, por su relevancia y actividad, del Fondo Hondureño de Inversión Social (FHIS), organismo ejecutor del Gobierno de Honduras principalmente a través de la Unidad Coordinadora del Proyecto de Infraestructura Rural (PIR). Enmarcado en el objetivo general de reducción de la pobreza rural mediante el acceso a los servicios de infraestructura básica, los sub-proyectos de agua potable y saneamiento tienen como meta aumentar la cobertura en el área rural, promover la sostenibilidad de los servicios y la promoción de la higiene, beneficiando a la población dispersa rural no servida.

A nivel sub-estatal, se han creado las Comisiones Municipales de Agua y Saneamiento (COMAS) para la implementación de la supervisión y control descentralizada de los servicios de APS. Es destacable que estas COMAS se encuentran integradas por vecinos y regidores de las Alcaldías Municipales. Sus funciones se centran en aplicar los reglamentos en el municipio, basados en las leyes y lineamientos que formula CONASA. Por su parte las Unidades de Supervisión y Control Local (USCL) están integradas por vecinos de la comunidad con la responsabilidad de vigilar el cumplimiento de la Ley y sus regulaciones, contando con un técnico de regulación y control de la municipalidad. En otras palabras, se trata del homólogo al ERSAPS, pero a nivel municipal.

En el ámbito rural, más de 5000 Juntas Administradoras de Agua Potable y Saneamiento (JAAPS) aplican la gestión comunitaria, enmarcadas en el Reglamento de Juntas Administradoras expedido por ERSAPS. Las JAAPS se responsabilizan de la operación, mantenimiento y administración de los servicios de agua potable, con la potestad de gestionar su personería jurídica, establecer sus estatutos, fijar y cobrar tarifas (ERSAPS, 2006).

En la Figura 6 se han plasmado los principales actores presentes en el sector mencionados anteriormente. Sin embargo, puede apreciarse la existencia de otros agentes presentes, los cuales también tienen un rol destacado en el sector APS hondureño. En este sentido, existen varios aspectos a ser mencionados. En primer lugar, y a pesar de la multiplicidad de actores presentes en el sector, se ha podido constatar que la comunicación, en términos de intercambio de información, es insuficiente. Este es un aspecto clave ya que varios de los actores presentes, como la Secretaría de Salud, el FHIS/PIR o las ONGs, son generadores de información. En segundo lugar, y en lo que a los procesos de toma de decisión que se dan en el sector, se pueden distinguir dos grupos claramente diferenciados. Por un lado, se encuentran los actores institucionales sobre los que recae gran parte de la responsabilidad de todo lo referente a los servicios de APS. Éstos se caracterizan por un modesto recorrido en el sector y una deficiencia en el desempeño de sus funciones. Este hecho, condiciona la existencia de toma de decisiones que impacten en la situación sectorial actual. Únicamente

el FHIS (PIR), que cuenta con un mayor apoyo económico, y la Secretaría de Salud desempeñan un rol activo e integran en su seno procesos de toma de decisión bien definidos. La labor del CONASA en la formulación de políticas municipales también es significativa, aunque se reconoce el aún amplio camino por recorrer, sobre todo como institución líder a nivel nacional. Por otro lado, el segundo grupo hace referencia a varios cooperantes externos. Este grupo se caracteriza, no sólo por la positiva labor que realizan en el sector APS, sino por incorporar procesos de toma de decisión claramente precisados. En este sentido, es patente la necesidad de diseñar estrategias que permiten aprovechar de manera eficiente el esfuerzo que varios y relevantes actores están desarrollando en Honduras.

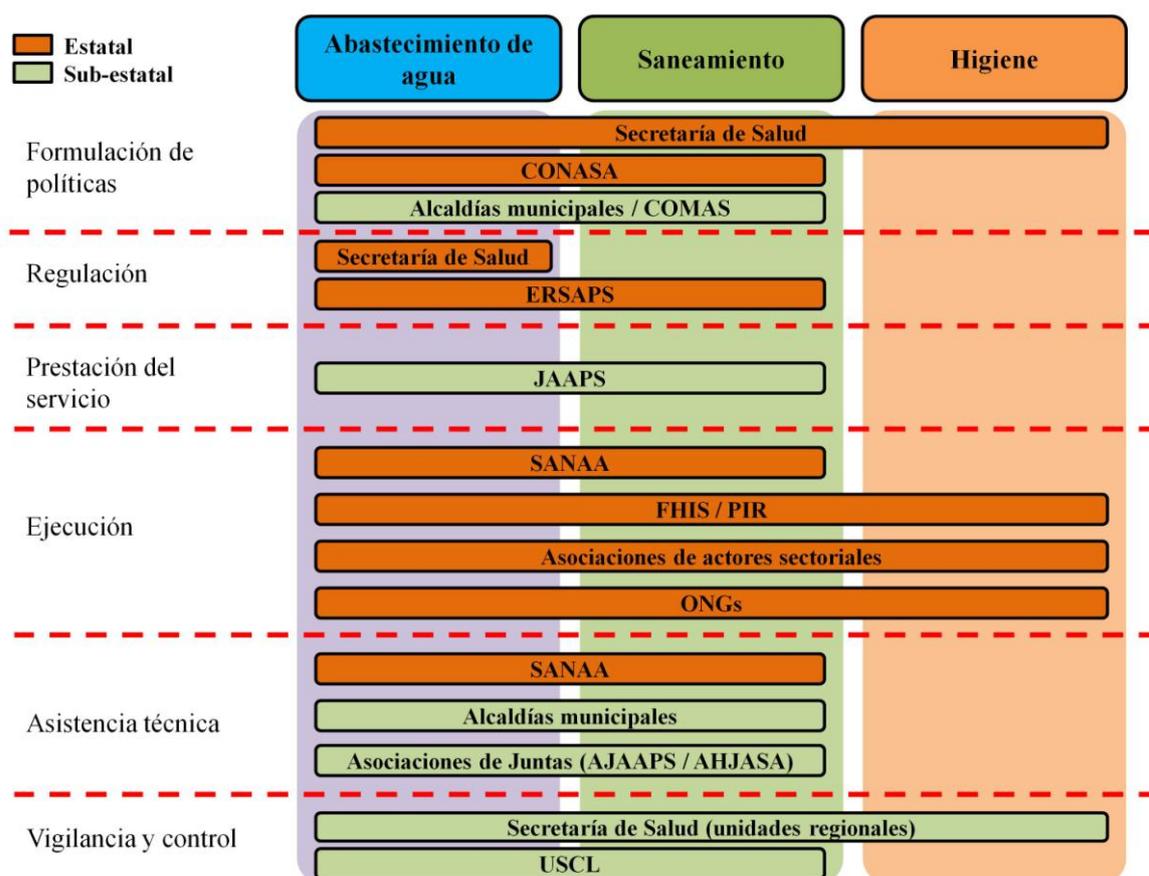


Figura 6 Representación de los principales actores del sector agua potable y saneamiento en Honduras, tanto institucionales como no institucionales, diferenciando sus ámbitos de acción y competencias. Fuente: Elaboración propia, a partir de CONASA, 2013.

2.3. SISTEMA DE INFORMACIÓN DE AGUA Y SANEAMIENTO RURAL (SIASAR)

El Sistema de Información de Agua y Saneamiento Rural⁴ (SIASAR) es una iniciativa conjunta iniciada en 2011 por los gobiernos de Honduras, Nicaragua y Panamá cuyo objetivo estratégico es contar con una herramienta de información básica, actualizada y contrastada en relación a los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento rural existentes en un país. En 2017 ya son 11 los países que conforman esta iniciativa y han designado SIASAR como el sistema de información nacional de referencia.

Este sistema de información tiene como objetivos específicos: i) servir de apoyo a la planificación, coordinación y evaluación de las acciones de los diferentes actores del sector, ii) monitorear la cobertura, calidad y sostenibilidad de los servicios APS rural, iii) registrar el desempeño de los prestadores de asistencia técnica, incluyendo sus limitaciones en logística, y iv) permitir la transferencia de datos estadísticos de agua y saneamiento y cruzar así información con otras bases de datos sectoriales.

La inversión pública en el sector APS de los países de América Latina y el Caribe ha estado tradicionalmente sesgada hacia la construcción de nuevas infraestructuras, y se ha prestado poca atención a otros factores que afectan la sostenibilidad de la prestación de servicios de APS (Lockwood et al., 2010). La comprensión de esos factores es fundamental para abordar las deficiencias en materia de sostenibilidad y para mejorar el desarrollo de políticas, la planificación sectorial, la fijación de prioridades, la asignación presupuestaria, el diseño de proyectos y la prestación de asistencia técnica.

Esta idea central llevó a los países a diseñar y consensuar un conjunto de instrumentos de monitoreo (encuestas) para analizar la calidad y sostenibilidad de los servicios desde diferentes perspectivas: i) la comunidad; ii) el sistema de agua; iii) el prestador de servicios; y iv) el prestador de asistencia técnica. Adicionalmente, esta iniciativa incorpora metodologías y herramientas que combinadas permiten abordar todos los aspectos relacionados con el levantamiento de información (captación, edición y validación de datos), su procesado y análisis, y finalmente, el uso de dicha información a través de la aplicación web y generación de reportes.

Uno de los aspectos más destacados de SIASAR es la forma en que se organizan y analizan los datos recopilados (Pérez-Foguet & Flores-Baquero, 2015). En lo que se denomina como “modelo conceptual” se definen seis dimensiones agregadas para evaluar los servicios de agua y saneamiento desde puntos de vista diferentes, pero

⁴ Para más información consultar: <http://siasar.org/es>

complementarios. El objetivo de esta estructura es mantener el foco de los diferentes aspectos que caracterizan el cada vez más descentralizado sector APS. El motivo es que, en la práctica, los roles y responsabilidades de las cuestiones sectoriales son asumidos por diferentes actores (Giné-Garriga & Pérez-Foguet 2013a, 2013b).

Las dimensiones mencionadas proponen medir: i) el Nivel de Servicio de Agua (NSA), ii) el Nivel de Servicio de Saneamiento e Higiene (NSH), iii) la prestación de servicio en Escuelas y Centros de Salud (ECS), iv) el Estado de la Infraestructura de Agua (EIA), v) la Prestación de Servicio (PSE), y vi) la Prestación de Asistencia Técnica (PAT). Adicionalmente, estas dimensiones se agrupan en dos índices parciales: i) Nivel de servicio de Agua, Saneamiento e Higiene (NASH), y ii) Índice de Sostenibilidad de los Servicios de Agua (ISSA). Estos índices parciales persiguen mantener el foco en aspectos relacionados con la calidad y sostenibilidad de los servicios, identificados por todos los países miembros. Finalmente, un último nivel está representado por el Índice de desempeño de los servicios de Agua y Saneamiento (IAS, o WSP por sus siglas en inglés). Estos últimos índices proporcionan un medio para iniciar la discusión y estimular el interés público. Todos estos elementos introducidos se presentan en la Tabla 2.

De forma resumida, tal y como se refleja detalladamente en Requejo-Castro et al. (2017), cada dimensión comprende cuatro componentes. A su vez, cada componente es alimentado por una breve lista de indicadores individuales, contabilizando un total de 109. En cuanto a la metodología empleada para procesar la información, primero los indicadores se clasifican de acuerdo con el modelo conceptual descrito anteriormente. Dado que los datos recogidos se representan a menudo en diferentes escalas (porcentaje de sistemas con tratamiento adecuado del agua, distancia a la fuente en metros, continuidad del servicio en horas por día, etc.), tienen que normalizarse antes de su análisis. Así, se asigna una puntuación entre 0 y 1 para cada parámetro, donde 1 representa la mejor situación y 0 el peor de los casos. Finalmente, los componentes se definen mediante funciones de utilidad simples y fáciles de usar. A continuación, los diferentes componentes de cada dimensión se agregan en un solo valor. En este sentido, se debe mencionar que el acuerdo final alcanzado por los países otorga el mismo peso a todas las componentes, dimensiones e índices. Adicionalmente, se emplea un método de agregación aditivo para la construcción de las diferentes dimensiones (permite la compensación entre componentes) y una agregación geométrica para la definición de índices parciales y general. Por último, con el fin de facilitar la priorización y la toma de decisiones, los resultados obtenidos se hacen más comprensibles para los usuarios finales y las partes interesadas al vincular componentes, dimensiones e índices a un conjunto definido de categorías (siendo A el mejor resultado, B, C y D, el peor). Dichas categorías se definen de acuerdo a los siguientes intervalos: A [1 - 0.9], con ambos límites incluidos, B (0,9 - 0,7], C (0,7 - 0,4] y D (0,4-0].

Tabla 2 Modelo conceptual de SIASAR; componentes, dimensiones, índices parciales e índice general. Fuente: Requejo-Castro et al. (2017).

WSP o IAS (Índice de desempeño de los servicios de Agua y Saneamiento)	
NASH (Nivel de servicio de Agua, Saneamiento e Higiene)	ISSA (Índice de Sostenibilidad de los Servicios de Agua)
<p>Nivel de Servicio de Agua (NSA)</p> <ul style="list-style-type: none"> Accesibilidad Continuidad Estacionalidad Calidad 	<p>Estado de la Infraestructura de Agua (EIA)</p> <ul style="list-style-type: none"> Autonomía Infraestructura Zona Protección de Abastecimiento Estado Infraestructura Tratamiento
<p>Nivel de Servicio de Saneamiento e Higiene (NSS)</p> <ul style="list-style-type: none"> Nivel de Servicio de Saneamiento Higiene Personal Higiene en el Hogar Higiene Comunitaria 	<p>Prestador de Servicio (PSE)</p> <ul style="list-style-type: none"> Gestión Organizacional Gestión en Operación y Mantenimiento Gestión Económica y Financiera Gestión Ambiental
<p>Escuelas y Centros de Salud (ECS)</p> <ul style="list-style-type: none"> Agua Potable Mejorada en Escuelas Saneamiento Mejorado e Higiene en Escuelas Agua Potable Mejorada en C. Salud Saneamiento Mejorado e Higiene en C. Salud 	<p>Prestador de Asistencia Técnica (PAT)</p> <ul style="list-style-type: none"> Sistema de Información Capacidad Institucional Cobertura Comunitaria Intensidad de la Asistencia

Si bien los indicadores que integran el modelo conceptual difieren en cierta medida con los propuestos para monitorear los ODS, se debe destacar que SIASAR visualiza la necesidad de alinearse con los sistemas de monitoreo internacionales. En este sentido, se está llevando a cabo una revisión exhaustiva de los cuestionarios para el levantamiento de información, con el fin de adaptarlos a los elementos clave de monitoreo de los ODS (Requejo-Castro et al., 2017).

Con todo lo expuesto, y a modo de ejemplo, en la Figura 7 se presentan algunos resultados preliminares obtenidos a partir de la información recabada en los diferentes países. Por un lado, se puede observar que la sostenibilidad de los servicios de APS en las comunidades (índice general IAS) sólo se evalúa como tal en un 8% y 31% de los casos, obteniendo una clasificación de A y B, respectivamente. Cabe decir que cuando se alcanza una clasificación C o inferior, implica la necesidad de ayuda externa, lo cual no se asocia a un situación sostenible. Fijando la atención a los prestadores de servicio (JAAPS), aquellos cuyo índice parcial ISSA obtiene una clasificación de A o B ascienden casi hasta el 52%. Otro dato

interesante reside en la constitución de la Junta Directiva de aquellas JAAPS calificadas como A o B. En el primero de los casos, en el 68% de las JAAPS la Junta Directiva cuenta con la participación de 2 o más mujeres (siendo 7 el número de miembros estipulado por ley). En el segundo de los casos (calificación B), esta misma situación se reduce al 60%, pero continúa siendo significativo. Un último aspecto a destacar es la diferencia entre SIASAR y el JMP en lo que a acceso a agua se refiere. El primero tiene un enfoque más restrictivo al considerar otros aspectos más allá del acceso. Como consecuencia, el JMP en 2014 estimaba que, en Honduras, el 16% de la población no accedía a fuentes de agua mejoradas. Por su parte, las estimaciones de SIASAR, enfocadas a acceso a servicios sostenibles, incrementaban este número al 55% de la población rural.

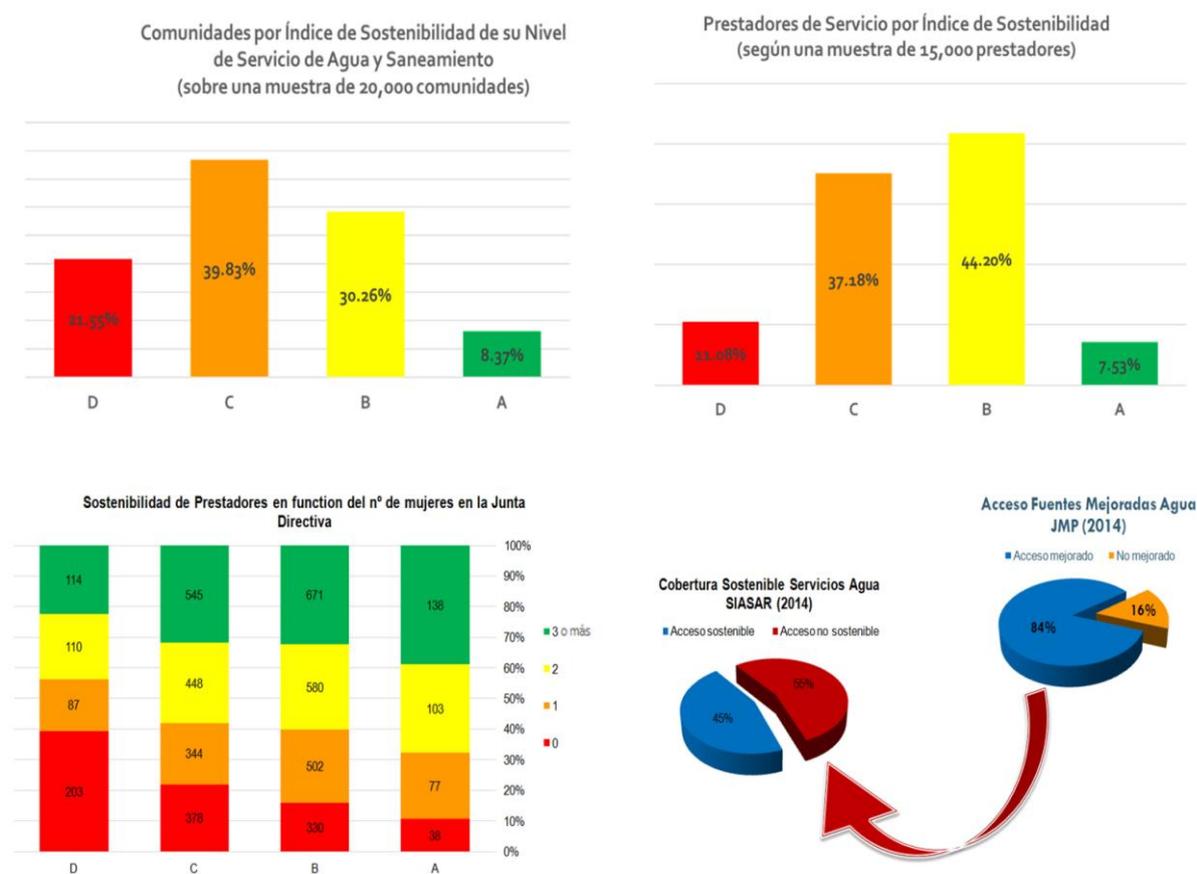


Figura 7 Resultados preliminares basado en la información de SIASAR. Fuente: World Bank, 2017; SIASAR 2014; JMP 2014.

En la actualidad, y tras 6 años participando en la iniciativa SIASAR, Honduras tiene información exhaustiva de 3,869 comunidades (55% del número total de comunidades rurales estimadas), 3,123 sistemas de agua asociados y 2,585 JAAPS (prestadores de servicio). Estas cifras ponen de manifiesto uno de los retos más importantes a los que se enfrentan los países de la iniciativa SIASAR. Sin duda, el levantamiento de información es una etapa crucial y lleva asociado la necesidad de importantes recursos humanos y

logísticos. No sólo obtener la información es un desafío, sino que la actualización de la misma añade mayor dificultad a esta tarea.

En el caso particular del Departamento de Lempira, se está trabajando en la definición del Plan Operativo Anual (POA) para el año 2017. En él, se pretende recopilar los resultados del año 2016 para definir las acciones a ejecutar durante 2017. Así, en base a la información obtenida a través de SIASAR se persigue la definición de estrategias para fortalecer efectividad en los procesos de toma de decisión. En otras palabras, convirtiendo índices en valoraciones para actuar.

Como ejemplo más específico, el municipio de Piraera en Lempira, se encuentra inmerso en la gestión de un proceso participativo entre diferentes actores (alcaldía municipal, sociedad civil y JAAPS) con el objetivo de elaborar un diagnóstico y análisis de la situación del agua y saneamiento. Este contexto se antoja propicio para explotar SIASAR como herramienta de apoyo para la toma de decisiones a fin de desarrollar un plan estratégico municipal de agua y saneamiento. Este objetivo, aunque de forma simplificada, será la parte central del caso de estudio que se presenta.

2.4. LA ESTADÍSTICA COMO HERRAMIENTA PARA EL ANÁLISIS DE DATOS

Para monitorear el cumplimiento de los ODS en general, se ha presentado la necesidad de definir indicadores para medir el progreso o retroceso en la consecución de las metas propuestas. La gestión de la información es de gran importancia para la toma de decisiones, ya que permite identificar situaciones y tendencias indeseables, con el objetivo de poder establecer, en última instancia, medidas contra ellas.

Trabajar con grandes volúmenes de datos requiere el uso de herramientas estadísticas con el fin de elaborar análisis objetivos y asequibles y, en último lugar, usar la información y los resultados para facilitar y apoyar en los procesos de toma de decisión. Específicamente, en este caso de estudio se propone el empleo del software R que es un entorno de desarrollo integrado (IDE) de libre acceso.

En cuanto a la información con la que se trabajará, se toma como referencia una base de datos de 412 comunidades pertenecientes al Departamento de Lempira (Honduras). Como ya se ha mencionado con anterioridad, esta información se recoge en terreno a través de los cuestionarios de SIASAR. De estas comunidades, y con el objetivo de simplificar el trabajo a realizar, se trabajarán con 19 indicadores (variables originales) relacionados tanto

con las características de las comunidades, como con los servicios de agua y saneamiento y los prestadores de servicio asociados a dichas comunidades⁵.

Es fundamental reconocer que para trabajar con grandes volúmenes de datos, y en especial aquellos obtenidos a través de cuestionarios o encuestas, es necesario un pre-proceso de los mismos para que el contenido de la información sea fácilmente accesible y manejable. Específicamente, se hace referencia a la corrección de datos incompletos o inconsistentes, a través de la eliminación de duplicados, anomalías y datos atípicos, o la recuperación de información incompleta.

En este caso de estudio, los datos que se facilitan ya se encuentran pre-procesados, lo que incluye la eliminación de comunidades con variables que tomen valores NA (“No Answer”), ceros cuando no corresponde o errores en los valores, como por ejemplo especificar más de 24 horas de servicio al día. Como resultado, el número de comunidades inicialmente seleccionadas se reduce a 386 comunidades que conforman 22 de los 28 Municipios de Lempira. Considerándose una muestra representativa del Departamento de Lempira.

En este caso de estudio en particular se trabajarán temas de estadística básica univariante como:

- Cálculo de descriptivos típicos en variables cuantitativas (media, coeficiente de variación, mediana, cuartiles, mínimos y máximos, coeficiente de asimetría de Fisher y test de normalidad de Shapiro-Wilk y Pearson Chi-cuadrado);
- Construcción de indicadores simples, basados en operaciones básicas entre variables disponibles dotándolos de contenido interpretativo;
- Transformación y normalización de las variables. Estas técnicas se utilizarán para facilitar interpretaciones y aplicaciones de métodos más adelante.

También se trabajan conceptos de estadística multivariada como:

- Cálculo de matrices de correlación y covarianza;
- Análisis de Componentes Principales (ACP), que es una técnica utilizada para reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos. Concretamente, se convierte un conjunto de observaciones de variables posiblemente correlacionadas entre sí, en

⁵ La información con la que se trabaja es un extracto de la base de datos disponible en <http://doi.org/10.5281/zenodo.571351>

un conjunto de observaciones expresadas en unas nuevas variables no correlacionadas entre sí, llamadas Componentes Principales⁶; ello se consigue diagonalizando la matriz de correlaciones o la de covarianzas.

- Aplicación de una rotación ortogonal (Varimax) para redistribuir varianzas en un subespacio determinado por una parte de las Componentes Principales, de forma que las componentes rotadas, llamadas Factores, por la interpretación del procedimiento desde las técnicas de Análisis Factorial, dependan fuertemente de un número mínimo de las variables originales⁷;
- Regresión lineal múltiple, utilizada para aproximar una variable dependiente en función de los valores de unas variables predictoras⁸;
- Definición de índices relacionados con la varianza (Técnicas no supervisadas) y basados en información valorativa suministrada (Técnicas supervisadas).

3. ACTIVIDAD EN EL AULA

Esta actividad se estructura en dos grandes bloques:

Bloque I. Se trabajará en pequeños grupos de 3 ó 4 personas, para luego hacer una puesta en común. La duración de esta actividad se estima en 1 hora; 30 minutos de discusión en grupo y 30 minutos de discusión general. Se sugiere que el docente actúe de moderador. Para facilitar el desarrollo de este bloque y de las sucesivas actividades, se recomienda que el alumnado disponga de toda la información expuesta en la Sección 2 del caso de estudio. Idealmente, se recomienda facilitar la contextualización del caso de estudio con anterioridad al desarrollo de las actividades con el fin de proporcionar un tiempo adecuado para su lectura.

Bloque II. Se trata de un taller guiado por el docente, en el que el trabajo será individual por parte del alumnado. Se estima que la duración de este bloque es de 2 horas. En este

⁶ Información adicional se podrá encontrar en Kottegodá y Rosso (2009) - Capítulos 1, 5 y 6 -, Maindonald y Braun (2010) - Capítulos del 2 al 4 y 12 -, Ross (2014) - Capítulos 2, 7 y 8 -, Ugarte et al. (2015) - Capítulos 2 y del 7 al 10 -.

⁷ Mayor información sobre rotaciones y su interpretación geométrica en: Tucker y MacCallum (1997) - Capítulos 8 y 9 -, Kottegodá y Rosso (2009) - Capítulo 7 -. Para profundizar sobre índices relacionados con la varianza, selección de variables y pesos recurrir a Nardo et al. (2005) - Capítulo 2 -.

⁸ Mayor información sobre modelos de regresión en Kottegodá y Rosso (2009) - Capítulo 6 -, Maindonald y Braun (2010) - Capítulos del 5 al 7 -, Ross (2014) - Capítulo 9 y 10 -, Ugarte et al. (2015) - Capítulo 12-.

sentido, queda a elección del docente si llevar a cabo el taller en una o dos sesiones. Específicamente, el taller consiste en observar y replicar paso a paso el código de programación que se facilita. Una vez replicado el código, comprendiendo qué se realiza en cada paso y proporcionando la interpretación a cada resultado entregado, se procederá a realizar una discusión grupal en torno al contexto y la disponibilidad de datos como ayuda a la planificación y toma de decisiones.

Para la implementación del taller guiado, se facilita una guía compuesta de 4 partes, cada una con un objetivo diferente. El material necesario para el taller guiado se facilita en forma de Anexos y bajo la siguiente nomenclatura:

- A.I_Caso_Estudio_G.pdf → Guía de procedimiento en R.
- A.II_CE_guiado.R → Código de procedimiento en R.
- A.V_datos_CS.RData → Datos iniciales por comunidades.
- A.VI_WSP_CS.RData → Datos adicionales de valoración numérica, para parte II.

BLOQUE I

El objetivo de esta primera actividad persigue sensibilizar y concienciar de la importancia que implica acceder a servicios de agua y saneamiento adecuados. Al mismo tiempo, también persigue poner en valor la relevancia de monitorear el progreso en materia de agua y saneamiento para apoyar en los procesos de toma de decisión (junto con las dificultades que entraña). En este sentido, y tras haber presentado el contenido teórico de este caso de estudio, se propone reflexionar y responder a las siguientes cuestiones:

1. En primer lugar, se propone cumplimentar la tabla adjunta indicando los impactos directos e indirectos asociados a la privación de los aspectos propuestos. No obstante, el alumnado puede añadir cualquier otro aspecto si lo considera oportuno. Los impactos pueden identificarse desde diferentes perspectivas como la salud, el desarrollo o el medioambiente, entre otros.

ASPECTO (privación)	IMPACTOS DIRECTOS	IMPACTOS INDIRECTOS
Calidad de agua (presencia de contaminantes)		
Disponibilidad (horas de servicio al día)		

ASPECTO (privación)	IMPACTOS DIRECTOS	IMPACTOS INDIRECTOS
Asequibilidad (tarifa de agua abonada)		
Accesibilidad al agua (cobertura)		
Accesibilidad al saneamiento (cobertura)		
Igualdad de género (presencia de la mujer en Juntas Directivas)		

- ¿Qué aspectos positivos y negativos consideras que existen en el desarrollo de sistemas de monitoreo globales? ¿Y en la alineación de otros sistemas de información con estas iniciativas globales (p.e. SIASAR)?
- En el contexto específico de Honduras, es patente que la obtención de información es uno de los retos más importantes del sector. ¿Qué iniciativas propones para facilitar esta tarea?
- La política de descentralización de los servicios de APS en Honduras está cediendo la responsabilidad de prestación y gestión a las municipalidades, donde la asumen grupos de la sociedad civil con escasa o modesta preparación. ¿Cómo estimas que se tiene que favorecer esta transición?

BLOQUE II

El objetivo de este bloque recae en introducir al alumnado las directrices básicas para utilizar el software específico propuesto. En paralelo, se pretende discutir la interpretación de los resultados obtenidos, particularizado en el contexto del Departamento de Lempira (Honduras).

Parte 0

- Con las variables disponibles, construir indicadores simples (mínimo 6) que permitan evaluar la situación de las comunidades.

2. Realizar un análisis descriptivo básico que permita caracterizar el comportamiento de cada uno de los indicadores, reflexionando sobre la necesidad de transformar y/o normalizar éstos.
3. Realizar un análisis descriptivo, esta vez multivariante, que permita identificar posibles relaciones entre indicadores a través de gráficos y la matriz de correlación.
4. Guardar la base de datos con los indicadores construidos para utilizarla en la actividad posterior.

Parte I

1. Realizar un Análisis de Componentes Principales, decidir con cuantas componentes trabajar e identificar indicadores significativos.
2. Construir índices basados en la varianza, según la dirección de las componentes principales, y a continuación aproximando la varianza total mediante la agrupación de componentes.

Parte II

1. Con la valoración numérica WSP (A.VI_WSP_CS.RData) disponible, realizar una Regresión Lineal Múltiple sucesivas veces para identificar los indicadores de mayor influencia sobre WSP.
2. Construir un índice basado en el modelo lineal generado.

Parte III

Responder las siguientes preguntas en base al trabajo previo:

1. ¿Cuáles son los indicadores (variables) que resultan ser los más influyentes al aplicar ACP? ¿y al aplicar RLM? ¿Son los mismos, coinciden? Para responder a estas cuestiones, apoyarse en la tabla de coeficientes alfa.
2. ¿Existe alguna relación entre los índices construidos (I_1 , I_2 , IMV, IWSP)? Se recomienda emplear los gráficos de puntos como ayuda.
3. ¿Qué impactos a nivel de levantamiento de información tendría en la práctica la reducción de variables?

4. ¿En qué comunidades se debería incidir primero? ¿Qué criterios serían más convenientes emplear, los índices construidos, que intentan recoger las variables “relevantes”, o solo aspectos de cobertura? Para justificar la respuesta, se propone generar rankings que permitan visualizar las comunidades peor evaluadas.

3.1. SOLUCIÓN Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Solución Bloque I

Se debe tener en cuenta que las respuestas que pueden tener lugar son abiertas. A continuación, se ofrecen algunas posibilidades con el fin de guiar al docente (moderador) en la puesta común final.

1. En primer lugar, se propone cumplimentar la tabla adjunta indicando los impactos directos e indirectos asociados a la privación de los aspectos propuestos.

ASPECTO (privación)	IMPACTOS DIRECTOS	IMPACTOS INDIRECTOS
Calidad de agua (presencia de contaminantes)	<ul style="list-style-type: none"> - Afectación a la salud humana (incluso muerte) - Deterioro ecosistemas (contaminación) 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificultad para desarrollar capacidades (aumento de pobreza); Aumento en el gasto destinado a la salud - Disminución de recursos para la subsistencia (disminución de la seguridad alimentaria y aumento de la pobreza)
Disponibilidad (horas de servicio al día)	<ul style="list-style-type: none"> - No se pueden satisfacer las necesidades cuando se necesita (beber y cocinar, higiene, lavar alimentos y ropa) 	<ul style="list-style-type: none"> - Inversión económica en depósitos domiciliarios, por ejemplo, para el almacenamiento
Asequibilidad (tarifa de agua abonada)	<ul style="list-style-type: none"> - Discriminación sobre los sectores de la población más desfavorables - Posible generación de conflictos sociales 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificultad para acceder a otros servicios; Incremento de la brecha entre los que más tienen y los que menos - Aumento de la brecha con las instituciones públicas o agentes responsables de la gestión del servicio; Disminución de la participación ciudadana

ASPECTO (privación)	IMPACTOS DIRECTOS	IMPACTOS INDIRECTOS
Accesibilidad al agua (cobertura)	<ul style="list-style-type: none"> - No se puede garantizar el consumo de agua necesario, en el caso de que la fuente se encuentre muy lejos (beber y cocinar, higiene, lavar alimentos y ropa) - Incremento de la inseguridad (sobre todo cuando mujeres y niñas recogen agua y cuando las distancias son amplias) 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificultad para el desarrollo de actividades vitales y económicas - Posibilidad de aumentar las agresiones a niñas y mujeres
Accesibilidad al saneamiento (cobertura)	<ul style="list-style-type: none"> - Afectación a la salud humana - Deterioro del entorno común (hábitat) 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificultad para desarrollar capacidades; Aumento en el gasto destinado a la salud; Falta de concienciación sobre prácticas higiénicas - Proliferación de enfermedades parásitas y patógenos infecciosos; Pérdida valor eco-turístico (impacto económico)
Igualdad de género (presencia de la mujer en Juntas Directivas)	<ul style="list-style-type: none"> - Discriminación de la mujer en la toma de decisiones - Disminución de las posibilidades de empoderamiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Fomento del patriarcado y la dependencia de la mujer - Continuidad de las desigualdad de género

2. ¿Qué aspectos positivos y negativos consideras que existen en el desarrollo de sistemas de monitoreo globales? ¿Y en la alineación de otros sistemas de información con estas iniciativas globales (p.e. SIASAR)?

Como aspectos positivos se puede destacar, en primer lugar, la comparación de datos globales a través de indicadores comunes. De esta manera, y hablando “un mismo idioma” se pueden identificar aquellos países o regiones que requieren de una mayor atención. En segundo lugar, el establecimiento de metas internacionales han sido precursoras de políticas y estrategias nacionales con el objetivo de mejorar la situación sectorial. En tercer lugar, y relacionado con el primer punto, es relevante la visualización del estado del sector, tanto para fomentar la iniciativa de los países para mejorar como para estimular la cooperación internacional.

Como aspectos negativos, se puede mencionar la dificultad que entraña para algunos países la obtención y actualización de la información propuesta. Por otro lado, la definición de indicadores “sencillos” puede dejar fuera otros aspectos relevantes que favorezcan la identificación de aquellos sectores de la población más desfavorables. Aunque se debe reconocer que obtener información más detallada implica un aumento de costes que dificultaría aún más la capacidad de algunos países.

La alineación de otros sistemas de monitoreo resulta relevante para contribuir al monitoreo de las metas internacionales. Sin duda, la posibilidad de obtener información compatible con la propuesta a nivel internacional favorecería un monitoreo más preciso y fiable. Datos de este tipo son el eje central de cualquier sistema de información que favorecerían los aspectos positivos citados con anterioridad. No obstante, otros sistemas de información pueden tener intereses específicos que no contempla la propuesta a nivel global. Dicha consideración no debería representar ningún problema, ni tampoco debería limitar otros intereses y metas nacionales.

3. En el contexto específico de Honduras, es patente que la obtención de información es uno de los retos más importantes del sector. ¿Qué iniciativas propones para facilitar esta tarea?

Como se ha expuesto, existe multiplicidad de actores los cuales, algunos de ellos, son generadores de información. En parte, esto es posible gracias a la disponibilidad de recursos humanos y logísticos con los que otros actores no cuentan. Al mismo tiempo, se ha puesto de relevancia la deficiencia existente en lo que a intercambio de información se refiere. Por lo tanto, la creación de un sistema de información común que integre una serie de indicadores de interés consensuados, podría ser un primer paso a dar. Un sistema de información al que cualquier usuario pueda acceder. Así, una información común podría ser obtenida en terreno por los diferentes actores existentes. En este sentido, los importantes costes asociados a esta tarea podrían ser compartidos de forma colaborativa y dentro de las posibilidades de cada actor.

4. La política de descentralización de los servicios de APS en Honduras está cediendo la responsabilidad de prestación y gestión a las municipalidades, donde la asumen grupos de la sociedad civil con escasa o modesta preparación. ¿Cómo crees que se tiene que favorecer esta transición?

Uno de los primeros aspectos a tener en cuenta es la preparación o capacidad de los actores presentes en las municipalidades. Considerando esta como escasa, una primera aproximación puede recaer en capacitar a los agentes locales. Pero esto no sería suficiente, si no se capacitase también a las instituciones públicas locales. El objetivo principal es mejorar la implicación de estas instituciones en la regulación, supervisión y apoyo en la gestión de los servicios. Sin embargo, capacitar o formar se trata de un proceso paulatino, por lo tanto, sería necesaria una asistencia técnica por parte de profesionales durante cierto periodo de tiempo. Al mismo tiempo, se deberían establecer mecanismos de participación ciudadana y rendición de cuentas, con el fin de fomentar la concienciación sobre el agua y el saneamiento y la transparencia. Otra iniciativa interesante sería la articulación de espacios de discusión y debate donde se pueda compartir y aprender de las experiencias ajenas.

Solución Bloque II

La solución numérica de la actividad propuesta, incluida la discusión de resultados, se encuentra en el documento adjunto bajo el nombre de “Caso_Estudio_G.pdf”. Cabe mencionar que dicha solución no es única, dejando a disposición del alumnado la construcción de sus propios indicadores o bien definir criterios distintos a los propuestos.

En todo caso, en esta solución que se proporciona se puede comentar que tanto para el ACP como para la RLM se descartan 3 de las 7 variables. Esto implica una reducción significativa en términos de tiempo y costes, si las variables consideradas no intervienen en el levantamiento de la información. Sin embargo, y a pesar de que ambos métodos reconocen como relevantes las mismas 4 variables (indicadores de coberturas y ratios), la importancia relativa de cada una de estas es distinta para cada método. Por lo tanto, en función del tipo de información disponible (datos y/o valoración cualitativa) pueden variar los aspectos o variables más destacados a considerar. Desde un punto de vista de planificación de actuaciones, las comunidades en situaciones más deficientes se pueden identificar según una nueva propuesta de índices (IMV y IWSP), que incorpora más información a las evaluaciones típicas de cobertura. De forma extendida, y a lo largo de muchos años, las decisiones de inversión en el sector agua y saneamiento han sido tomadas en base a los porcentajes de cobertura, dejando sin considerar aspectos importantes propios del prestador del servicio y de la calidad del servicio en sí.

Criterios de evaluación

Con el objetivo de proporcionar un sistema de evaluación objetivo y transparente al alumnado, se propone el empleo de la rúbrica facilitada (ver *Anexo IX*). En este sentido, la rúbrica muestra i) los conocimientos que se desea que el alumnado adquiera, y ii) los criterios que se emplearán para evaluar el contenido de la resolución asociado a las actividades planteadas.

La forma de emplear la rúbrica propuesta parte del conocimiento previo de la misma por parte del alumnado y profesorado. Es decir, se debe informar de los contenidos que se evaluarán. Así, se considera que se proporciona cierta guía al alumnado para enfocar las actividades propuestas.

Por un lado, para evaluar el Bloque I, cada grupo conformado deberá entregar por escrito las respuestas a las cuestiones planteadas. Dichas respuestas se evaluarán apoyándose en la rúbrica propuesta. No obstante, el docente es libre de elegir un método alternativo de evaluación si lo cree conveniente.

Por otro lado, el Bloque II no será evaluado al tratarse de un taller guiado cuyo objetivo es proporcionar los conocimientos necesarios para desarrollar la actividad autónoma que se plantea.

4. ACTIVIDAD AUTÓNOMA FUERA DEL AULA

En esta actividad se trabajará en pequeños grupos de 3 ó 4 personas, pudiendo repetir los mismos grupos de trabajo que en la actividad anterior (mayor facilidad a la hora de evaluar las actividades planteadas en conjunto). Se espera que la duración de la actividad pueda alcanzar unas 8 ó 10 horas de trabajo. Básicamente, consiste en aplicar la metodología mostrada en el taller guiado, con la dificultad de incorporar en el análisis una clasificación G1 y G2 de las comunidades, obligando a realizar el análisis por partida doble de manera independiente.

La actividad propuesta integra la generación de código y la interpretación de resultados simultáneamente. En este sentido, el enunciado facilitado en esta sección facilitará el desarrollo de la actividad de forma ordenada, a través de diferentes sugerencias y preguntas. El material necesario se proporciona en forma de Anexos y bajo la siguiente nomenclatura:

- A.VII_IND_CS.RData⁹ → Datos iniciales, indicadores simples construidos en Actividad en el aula.
- A.VIII_CLAS_G12_CS.RData → Datos de clasificación de comunidades en G1 o G2.
- A.VI_WSP_CS.RData → Datos adicionales de valoración numérica, para parte II.

El objetivo de esta actividad persigue que el alumnado trabaje de forma autónoma con el software estadístico propuesto, analizando e interpretando los resultados obtenidos para el caso de estudio facilitado. Para tal fin, se recomienda seguir de manera ordenada las pautas que se detallan a continuación, así como contestar a las preguntas planteadas:

⁹ Cabe destacar que esta base de datos se proporciona en los Anexos. Sin embargo, se recomienda que el alumnado cree su propia base de datos en el taller guiado. Para realizar dicho proceso, simplemente se debe eliminar el carácter “#” (descomentar) de la línea de código: `save(data_f,file="IND_CS_nombre.RData")`.

Parte 0

1. Cargar los datos guardados de la Parte 0 del trabajo guiado realizado en el aula (A.VII_INS_CS.RData), que corresponden a los indicadores simples construidos, transformados y normalizados para las 386 comunidades estudiadas.
2. Cargar los datos de la clasificación G1-G2 (A.VIII_CLAS_G12_CS.RData) de las comunidades e incorporar esta clasificación como una columna adicional en la base de datos previamente cargada (identificador comunidad, 6 indicadores simples y clasificación G1-G2). ¿Cuántas comunidades de cada clase existen? Identificar las diferencias en cuanto a indicadores que caracterizan a cada grupo. Emplear gráficos de puntos y diferentes colores según la clase.
3. Aplicar la función resumen construida en la actividad anterior para las comunidades G1 y G2 por separado. ¿Qué muestra dicho resumen? ¿Se puede concluir que las comunidades G1 están “mejor” valoradas que las comunidades G2?. Dibujar histogramas y boxplots de todas las variables para cada clase. Analizar y discutir, tomando como ejemplo la actividad anterior.
4. Realizar gráficos de puntos cruzando algunas variables ¿Se visualiza alguna relación entre dichas variables? Calcular las matrices de covarianza por grupo y discutir ¿Cómo se interpreta la matriz de covarianza? ¿Qué variables están más relacionadas entre sí en cada grupo? ¿Es similar a lo que se observa en la actividad anterior (taller guiado)?

Parte I

1. Realizar el Análisis de Componentes Principales para las comunidades de clasificación G1, ¿En qué consiste el método? ¿Se podría aplicar sin utilizar una función predeterminada de R? ¿Cómo?
2. Construir índices según las componentes principales seleccionadas y un índice que aproxime la varianza total. ¿Cuántas componentes se deberían utilizar? ¿Qué porcentaje de la varianza explica cada componente seleccionada? ¿Cuál es la principal diferencia entre los índices relacionados con cada componente y el índice de varianza total? ¿Cuáles son los indicadores más significativos (reducción de dimensionalidad)?
3. Repetir el procedimiento anterior para el conjunto de comunidades de clase G2.

Parte II

1. Incorporar la valoración numérica WSP a la base de datos con la que se trabaja.
2. Realizar una regresión lineal para las comunidades de clasificación G1 considerando los 7 indicadores ¿Se identifican datos atípicos (outliers)? En caso afirmativo, eliminar dichos datos ¿Mejora la regresión al eliminarlos?
3. Realizar sucesivas regresiones con eliminación de indicadores hasta ajustar el mejor modelo ¿Se obtiene un R^2 razonable?, ¿Alguno de los modelos es capaz de representar bien el índice WSP? Reflexiona sobre la cantidad de datos disponibles ¿Cuántos y qué indicadores finalmente son significativos?
4. Construir un nuevo índice a partir del modelo lineal escogido, en caso de que se disponga de un modelo válido.
5. Repetir el procedimiento anterior para el conjunto de comunidades de clase G2.

Parte III

Responder a las siguientes cuestiones en función de los resultados obtenidos. Para tal fin, se recomienda emplear los gráficos y tablas construidos durante el desarrollo de la actividad:

1. ¿Cuáles son los indicadores (variables) que resultan ser los más influyentes al aplicar ACP y RLM?, ¿Son los mismos, coinciden? Emplear la tabla de coeficientes alfa. ¿Existe alguna relación entre los índices construidos por clase? Utilizar los gráficos de puntos como ayuda.
2. ¿Qué información adicional sobre los grupos se obtiene al aplicar la metodología de manera separada?, ¿Se puede diferenciar G1 de G2 según las variables que más importan? ¿Es de utilidad diferenciar las comunidades en G1 y G2 para aplicar criterios de decisión de inversión como los propuestos en el taller guiado?
3. ¿En qué comunidades se debería priorizar una hipotética inversión, en el caso de no poder atender a todas? Realizar una propuesta (técnica) para apoyar esta decisión. En la propuesta realizada, ¿Sería importante considerar otros factores para apoyar la toma de decisiones, como por ejemplo la población existente en cada comunidad?

4.1. SOLUCIÓN Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Solución actividad propuesta

La solución numérica de esta actividad propuesta se encuentra en los Anexos adjuntos bajo el nombre “A.III_Caso_Estudio_A.pdf” (además de “A.II_CE_guiado.R”, correspondiente al código de solución). En esta ocasión, el objetivo es guiar al docente en relación a los resultados esperados. Cabe mencionar que dicha solución corresponde a los valores numéricos y las gráficas obtenidos al aplicar los métodos solicitados. No obstante, para esta solución se puede mencionar que es útil cuando existen clasificaciones de nivel de servicio de las comunidades. De esta manera, se puede enfocar el análisis en las comunidades en peor situación (en este caso G2), a la vez que el análisis es más específico mostrando las deficiencias dentro del grupo y no de todo el conjunto de datos. Así, al tener que proponer sobre qué comunidades priorizar las inversiones, y las acciones asociadas, se dirige el foco directamente a aquellas de clase G2 (con media de los indicadores menores). Además, se sugiere considerar factores como la población por comunidad, para invertir en aquellas comunidades donde exista mayor población con un bajo nivel de servicio, y la cantidad de mujeres en la junta de agua, promoviendo la igualdad de género considerado como un catalizador del desarrollo dentro de las comunidades.

Criterios de evaluación

Para evaluar esta actividad se solicitará la entrega de un informe que resuelva la actividad propuesta en su totalidad. Dicho informe irá acompañado con los códigos desarrollados en modo de anexos. Se evaluará la capacidad de síntesis, simulando que dicho informe se utilizará para guiar a la administración de Lempira en la toma de decisiones.

Para la evaluación del informe, se recomienda el empleo de la rúbrica citada con anterioridad (ver *Anexo IX*). Específicamente, se evaluarán los aspectos técnicos identificados en la rúbrica. No obstante, y en función de las respuestas del alumnado, también se podrá considerar si se hace referencia a otros aspectos plasmados en la rúbrica.

Por lo tanto, la rúbrica representa un posible instrumento para facilitar la evaluación de las actividades propuestas en conjunto. Como se ha especificado con anterioridad, el docente es libre de elegir un método alternativo de evaluación si lo cree conveniente.

BIBLIOGRAFÍA

Cairncross, S., and Valdmanis, V. 2006. "Water Supply, Sanitation, and Hygiene Promotion". In: Jamison, D.T., Breman, J.G., Measham, A.R., Alleyne, G., Claeson, M., Evans, D.B., Jha, P., Mills, A., Musgrove, P. (Eds.), *Disease Control Priorities in Developing Countries*. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, Washington DC.

Carter, R.C., Tyrrel, S.F., and Howsam, P. 1999. "Impact and Sustainability of Community Water Supply and Sanitation Programmes in Developing Countries". *Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management* 13, 292–296.

Cotton, A., Bartram, J. 2008. "Sanitation: on- or off-track? Issues of Monitoring Sanitation and the Role of the Joint Monitoring Programme". *Waterlines* 27, 12–29. doi:10.3362/1756-3488.2008.003

Dunson, D. 2008. "Random Effect and Latent Variable Model Selection". Springer-Verlag, New York. ISBN: 978-0-387-76720-8.

Giné-Garriga, R. 2015. "Monitoring Water, Sanitation and Hygiene Services: Developing Tools and Methods to Measure Sustainable Access and Practice at the Local Level". Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona. Available at: <http://hdl.handle.net/10803/334692>.

Giné-Garriga, R., Jiménez Fdez. De Palencia, A., and Pérez-Foguet, A. 2011. "A Closer Look at the Sanitation Ladder: Issues of Monitoring the Sector". In 35th Water, Engineering and Development Centre (WEDC) International Conference, Loughborough.

Giné-Garriga, R., and Pérez-Foguet, A. 2013a. "Unravelling the Linkages between Water, Sanitation, Hygiene and Rural Poverty: The Wash Poverty Index." *Water Resources Management* 27, 1501–1515. doi: 10.1007/s11269-012-0251-6.

Giné-Garriga, R., and Pérez-Foguet, A. 2013b. "Water, Sanitation, Hygiene and Rural Poverty: Issues of Sector Planning and the Role of Aggregated Indicators." *Water Policy* 15, 1018–1045. doi:10.2166/wp.2013.037.

Hoyle, R.H. 2012. "Handbook of Structural Equation Modeling". Guilford Press, New York. ISBN: 9781462516797.

Joint Monitoring Programme. 2015a. "Progress on Sanitation and Drinking Water: 2015 Update and MDG Assessment". New York and Geneva.

Joint Monitoring Programme. 2015b. “Methodological Note: Proposed Indicator Framework for Monitoring SDG Targets on Drinking-Water, Sanitation, Hygiene and Wastewater”. New York and Geneva.

Joint Monitoring Programme. 2015c. “JMP Green Paper: Global Monitoring of Water, Sanitation and Hygiene post-2015”. New York and Geneva.

Joint Monitoring Programme. 2017. “WaSH en la Agenda 2030: Nuevos Indicadores a Nivel Mundial para Agua para Consumo, Saneamiento e Higiene”. New York and Geneva.

Kottegoda, N.T., and Rosso, R. 2009. “Applied Statistics for Civil and Environmental Engineers” (2nd ed.). Wiley–Blackwell, Oxford. ISBN 978-1-4051-7917-1.

Lockwood, H., Smits, S., Schouten, T., and Moriarty, P. 2010. “Sustainable Water Services at Scale”. In Proceedings of an International Symposium Held in Kampala, Uganda, Thematic Group on Scaling Up Rural Water Services.

Lloyd, B.J., and Bartram, J.K. 1991. “Surveillance Solutions to Microbiological Problems in Water-Quality Control in Developing-Countries”. *Water Science and Technology* 24, 61–75.

Maindonald, J., and Braun, W.J. 2010. “Data Analysis and Graphics Using R - an Example-Based Approach” (3rd ed.). Cambridge University Press. ISBN: 978-0-521-76293-9.

Moriarty, P., Batchelor, C., Fonseca, C., Klutse, A., Naafs, A., Nyarko, A., Pezon, K., Potter, A., Reddy, R., and Snehalata, M. 2011. “Ladders for Assessing and Costing Water Service Delivery, WASHCost”. IRC International Water and Sanitation Centre, The Hague.

Organización Mundial de la Salud. 2017. “Servicios de Agua Potable Gestionada de Forma Segura: Informe Temático sobre el Agua Potable 2017” (Safely Managed Drinking Water Services - Thematic Report on Drinking Water 2017). Ginebra.

Pérez-Foguet, A., and Flores, O. 2015. “Decision Support Model for SIASAR, Technical Proposal (v. 2015.07)”. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona. Available at <http://hdl.handle.net/2117/77587>.

Ross, S.M. 2014. “Introduction to Probability and Statistics for Engineers and Scientists” (5th ed.). Elsevier Academic Press, London. ISBN: 978-0-12-394811-3.

Tucker, L. R., and MacCallum, R. C. 1997. “Exploratory Factor Analysis”. Ohio State University, Columbus, Chicago. Available at: <http://www.unc.edu/~rcm/book/factornew.htm>

Ugarte, M.D., Militino, A.F., and Arnholt, A.T. 2015. "Probability and Statistics with R". (2nd ed.). CRC Press LLC, Taylor and Francis Group, Boca Raton. ISBN: 978-1466504394

United Nations General Assembly. 2010a. "Human Rights and Access to Safe Drinking Water and Sanitation". Resolution A/HRC/RES/15/9.

United Nations General Assembly. 2010b. "The Human Right to Water and Sanitation". Resolution A/RES/64/292.

ANEXOS

- I. Guía de procedimiento actividad en el aula < A.I_Caso_Estudio_G.pdf >
- II. Código en R actividad en el aula < A.II_CE_guiado.R >
- III. Solución actividad autónoma fuera del aula <A.III_Caso_Estudio_A.pdf >
- IV. Código en R actividad autónoma fuera del aula < A.IV_CE_autonomo.R >
- V. Datos actividad en el aula < A.V_datos_CS.RData >
- VI. Datos actividades < A.VI_WSP_CS.RData >
- VII. Datos actividad autónoma fuera del aula < A.VII_INS_CS.RData >
- VIII. Datos actividad autónoma fuera del aula (separados por grupo)
< A.VIII_CLAS_G12_CS.RData >
- IX. Propuesta rúbrica de evaluación <A.IX_Rubrica_evaluacion.pdf >



GDEE

GLOBAL
DIMENSION IN
ENGINEERING
EDUCATION

<http://www.gdee.eu>



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

UAB

Universitat Autònoma
de Barcelona

Este proyecto está financiado por:



**Ajuntament
de Barcelona**

ANEXO

Propuesta de rúbrica para evaluar la competencia transversal de “Sostenibilidad y Compromiso Social (SiC)”

Definición: La competencia genérica sostenibilidad y compromiso social es i) la capacidad de conocer y comprender la complejidad de los fenómenos económicos y sociales típicos de la sociedad del bienestar, ii) la capacidad para relacionar el bienestar con la globalización y la sostenibilidad, y iii) la habilidad para usar de forma equilibrada y compatible la técnica, la tecnología, la economía.

Nivel 1: **Analizar** sistemática y críticamente la situación global, atendiendo a la sostenibilidad **de forma interdisciplinaria** así como al desarrollo humano sostenible, y reconocer las implicaciones sociales y ambientales de las actividades profesionales del mismo campo.

Nivel 2: Aplicar criterios de sostenibilidad y los códigos deontológicos de la profesión en el **diseño y evaluación de soluciones tecnológicas**.

Nivel 3: Tener en cuenta las dimensiones social, económica y ambiental al **aplicar soluciones y llevar a cabo proyectos** coherentes con el desarrollo humano y la sostenibilidad.

Desarrollo Sostenible: *“aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones”*. World Commission on Environment And Development (WCED). 1987. *Our Common Future (Brundtland Report)*. United Nations.

IMPORTANTE: La presente rúbrica es de carácter general y tiene como objetivo ofrecer unos criterios marco a tener en cuenta. Por lo tanto, y en función de la actividad que se vaya a implementar y evaluar, se recomienda realizar las adaptaciones pertinentes para proporcionar la claridad al alumnado en relación a los aspectos que serán tenidos en cuenta en la evaluación.

Analizar sistemática y críticamente la situación global, atendiendo a la sostenibilidad **de forma interdisciplinaria** así como al desarrollo humano sostenible, y reconocer las implicaciones sociales y ambientales de las actividades profesionales del mismo campo

NIVEL 1	4	3	2	1
Sostenibilidad: Aspectos medioambientales	REFLEXIONA desde el punto de vista ambiental, tecnológico y temporal IDENTIFICANDO Las necesidades técnicas (evaluándolas ambiental mente) Y DESCRIBIENDO Los impactos ambientales directos e indirectos de las decisiones	REFLEXIONA desde el punto de vista ambiental, tecnológico y temporal DESCRIBIENDO Los impactos ambientales directos e indirectos de las decisiones	REFLEXIONA desde el punto de vista ambiental y tecnológico IDENTIFICANDO Las necesidades técnicas (evaluándolas ambiental mente)	REFLEXIONA desde el punto de vista ambiental
Sostenibilidad: Aspectos sociales	REFLEXIONA desde el punto de vista social, tecnológico y temporal IDENTIFICANDO Las necesidades técnicas (evaluándolas social mente) Y DESCRIBIENDO Los impactos sociales directos e indirectos de las decisiones, e integrando la perspectiva de género	REFLEXIONA desde el punto de vista social, tecnológico y temporal DESCRIBIENDO Los impactos sociales directos e indirectos de las decisiones, e integrando la perspectiva de género	REFLEXIONA desde el punto de vista social y tecnológico IDENTIFICANDO Las necesidades técnicas (evaluándolas social mente)	REFLEXIONA desde el punto de vista social
Sostenibilidad: Aspectos económicos	REFLEXIONA desde el punto de vista económico, tecnológico y temporal IDENTIFICANDO Las necesidades técnicas (evaluándolas económica mente) Y DESCRIBIENDO Los impactos económicos directos e indirectos de las decisiones	REFLEXIONA desde el punto de vista económico, tecnológico y temporal DESCRIBIENDO Los impactos económicos directos e indirectos de las decisiones	REFLEXIONA desde el punto de vista económico y tecnológico IDENTIFICANDO Las necesidades técnicas (evaluándolas económica mente)	REFLEXIONA desde el punto de vista económico
Compromiso Social	[3] + Y DESCRIBIENDO Los vínculos con sociedades alejadas geográficamente	[2] + Y PRESENTANDO Argumentos históricos y políticos para explicarlas	REFLEXIONA desde el punto de vista ético IDENTIFICANDO Las desigualdades sociales, económicas, ambientales, tecnológicas, geográficas, etc.	REFLEXIONA desde el punto de vista ético

Aplicar criterios de sostenibilidad y los códigos deontológicos de la profesión en el diseño y evaluación de soluciones tecnológicas				
NIVEL 2	4	3	2	1
Sostenibilidad: Aspectos medioambientales	<p>[3]+</p> <p>Y PRIORIZANDO Las alternativas en función de dichos criterios</p>	<p>[2]+</p> <p>Y DISEÑANDO Las soluciones o propuestas de mejora atendiendo a análisis de flujos (materiales, energía, ACV)</p>	<p>REFLEXIONA desde el punto de vista ambiental, tecnológico y temporal VINCULANDO El ejercicio profesional con dicha reflexión</p>	<p>REFLEXIONA de forma crítica desde el punto de vista ambiental, tecnológico y temporal</p>
Sostenibilidad: Aspectos sociales		<p>[2]+</p> <p>Y DISEÑANDO Las soluciones o propuestas de mejora atendiendo a las necesidades de los grupos más vulnerables</p>	<p>REFLEXIONA desde el punto de vista social, tecnológico y temporal VINCULANDO El ejercicio profesional con dicha reflexión</p>	<p>REFLEXIONA de forma crítica desde el punto de vista social, tecnológico y temporal</p>
Sostenibilidad: Aspectos económicos		<p>[2]+</p> <p>Y DISEÑANDO Las soluciones o propuestas de mejora atendiendo a los impactos económicos directos e indirectos de las decisiones</p>	<p>REFLEXIONA desde el punto de vista económico, tecnológico y temporal VINCULANDO El ejercicio profesional con dicha reflexión</p>	<p>REFLEXIONA de forma crítica desde el punto de vista económico, tecnológico y temporal</p>
Compromiso Social		<p>[2]+</p> <p>Y DISEÑANDO Las soluciones o propuestas de mejora atendiendo a criterios de pertenencia, eficiencia, impacto, etc.</p>	<p>IDENTIFICA los derechos y aspiraciones de las personas y grupos sociales VINCULANDO Las responsabilidades del ejercicio profesional con dicha identificación</p>	<p>IDENTIFICA los derechos y aspiraciones de las personas y grupos sociales</p>

Tener en cuenta las dimensiones social, económica y ambiental al **aplicar soluciones y llevar a cabo proyectos** coherentes con el desarrollo humano y la sostenibilidad.

NIVEL 3	4	3	2	1
Sostenibilidad	<p>[2] +</p> <p>Y EVALUANDO El impacto, las implicaciones y consecuencias sociales, ambientales y económicas, directas e indirectas, de las decisiones</p>	<p>[2] +</p> <p>Y ANALIZANDO El impacto, las implicaciones y consecuencias sociales, ambientales y económicas, directas e indirectas, de las decisiones</p>	<p>REFLEXIONA de forma crítica sobre el ejercicio profesional desde el punto de vista ético, social, ambiental, económico, técnico y temporal de forma sistémica</p> <p>INTEGRANDO Conocimiento e información de diferente naturaleza</p> <p>Y DESARROLLANDO Proyectos de ingeniería coherentes con la promoción del desarrollo humano y la sostenibilidad</p>	<p>REFLEXIONA de forma crítica sobre el ejercicio profesional desde el punto de vista ético, social, ambiental, económico, técnico y temporal de forma sistémica</p> <p>INTEGRANDO Conocimiento e información de diferente naturaleza</p>
Compromiso Social	<p>[2] +</p> <p>Y EVALUANDO La generación y transferencia de tecnología y conocimientos entre las partes y con la sociedad</p>	<p>[2] +</p> <p>Y ANALIZANDO La generación y transferencia de tecnología y conocimientos entre las partes y con la sociedad</p>	<p>IDENTIFICA los derechos y aspiraciones de las personas y grupos y grupos sociales</p> <p>DESARROLLANDO Proyectos que integran explícitamente mecanismos de cooperación entre partes y/o terceros</p> <p>Y CONSIDERANDO Criterios de pertenencia, eficiencia, impacto, etc.</p>	<p>IDENTIFICA los derechos y aspiraciones de las personas y grupos sociales</p> <p>VINCULANDO Las responsabilidades del ejercicio profesional con dicha identificación</p> <p>Y DESARROLLANDO Proyectos que integran explícitamente mecanismos de cooperación entre partes y/o terceros</p>



GDEE

GLOBAL
DIMENSION IN
ENGINEERING
EDUCATION

<http://www.gdee.eu>



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

UAB

Universitat Autònoma
de Barcelona

Este proyecto está financiado por:



**Ajuntament
de Barcelona**