

METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SOPORTE A LAS DECISIONES HÍDRICAS (SSD)

RESUMEN

Un sistema de soporte a las decisiones (SSD) es, en un sentido muy amplio, un conjunto de procedimientos basados en modelos para procesar datos y para mejorar la calidad de las decisiones en la planificación y gestión integrada de los recursos hídricos.

El sistema se funda en el modelado adecuado de las principales variables de recursos hídricos que permita la toma de decisiones con base en los resultados. Tiene como unidad de gestión la cuenca hidrográfica y analiza de esta los aspectos cuantitativos, cualitativos, económicos y ambientales.

La metodología se basa en la simulación o modelamiento de los datos producidos por los sistemas de telemetría, observaciones de campo y técnicas de teledetección, por lo cual el correcto almacenamiento y gestión de los mismos es de vital importancia al relacionar datos de diferentes orígenes.

El funcionamiento del sistema contempla importar, validar, almacenar y crear un valor agregado que estime la cantidad y calidad de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, el uso proyectado de los recursos hídricos por los sectores productivos, un mayor grado de confiabilidad posible respecto a las probabilidades e impactos de las inundaciones y sequías, los escenarios de cambio climático y los indicadores socioeconómicos.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El Perú viene atravesando alteraciones al ciclo hidrológico debido a los efectos del cambio climático, lo que causa impactos sobre la disponibilidad de los recursos hídricos, amenazas de inundaciones, sequías y contaminación del agua. A estos fenómenos naturales, hay que sumarles los impactos de origen antrópico —como conversión de bosques en tierras agrícolas y la de tierras agrícolas en zonas urbanas— que afectan tanto la disponibilidad cuanto la demanda de agua. Se requiere, entonces, una administración y gestión del recurso hídrico eficiente y eficaz a fin de no afectar el grado de bienestar de las personas, como también la conservación del recurso y la protección del medio ambiente.

En el Perú, se delimitó 159 unidades hidrográficas, de las cuales 62 corresponden a la región hidrográfica del Pacífico, 84 a la región hidrográfica del Amazonas y 13 a la región hidrográfica del Titicaca.

Esto implica una gestión de los recursos hídricos al nivel de unidad natural de cuenca con el objetivo de tomar las decisiones de manera oportuna y confiable en cuanto a la calidad y cantidad de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, las extracciones, las fuentes contaminantes y la gestión de riesgos ocasionados por eventos climáticos.

La metodología comprende la implementación de una plataforma tecnológica, servidores, una base de datos especializada en recursos hídricos, sistemas de telecomunicaciones y adquisición de datos a tiempo real, todo lo cual servirá al sistema de soporte a las decisiones. El sistema debe integrar información de los parámetros hidrometeorológicos y de calidad de agua; además de información sobre la conservación, evaluación, usos del agua y cartográfica georeferenciada.

Con la cantidad cada vez mayor de los datos producidos por los sistemas de telemetría, observaciones de campo y técnicas de teledetección, el correcto almacenamiento y gestión de datos se ha convertido de vital importancia en la gestión del recurso hídrico. El uso de un único sistema que puede importar, validar y almacenar esta abundancia de datos crea un valor adicional al revelar las relaciones entre los datos de diferentes orígenes.

El objetivo del presente documento es definir una metodología general para implementar un sistema de soporte a las decisiones en las cuencas donde se implementen los consejos de recursos hídricos promovidos por la Autoridad Nacional del Agua.



DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Esquema general

La arquitectura típica de un SSD se muestra en la figura 1:

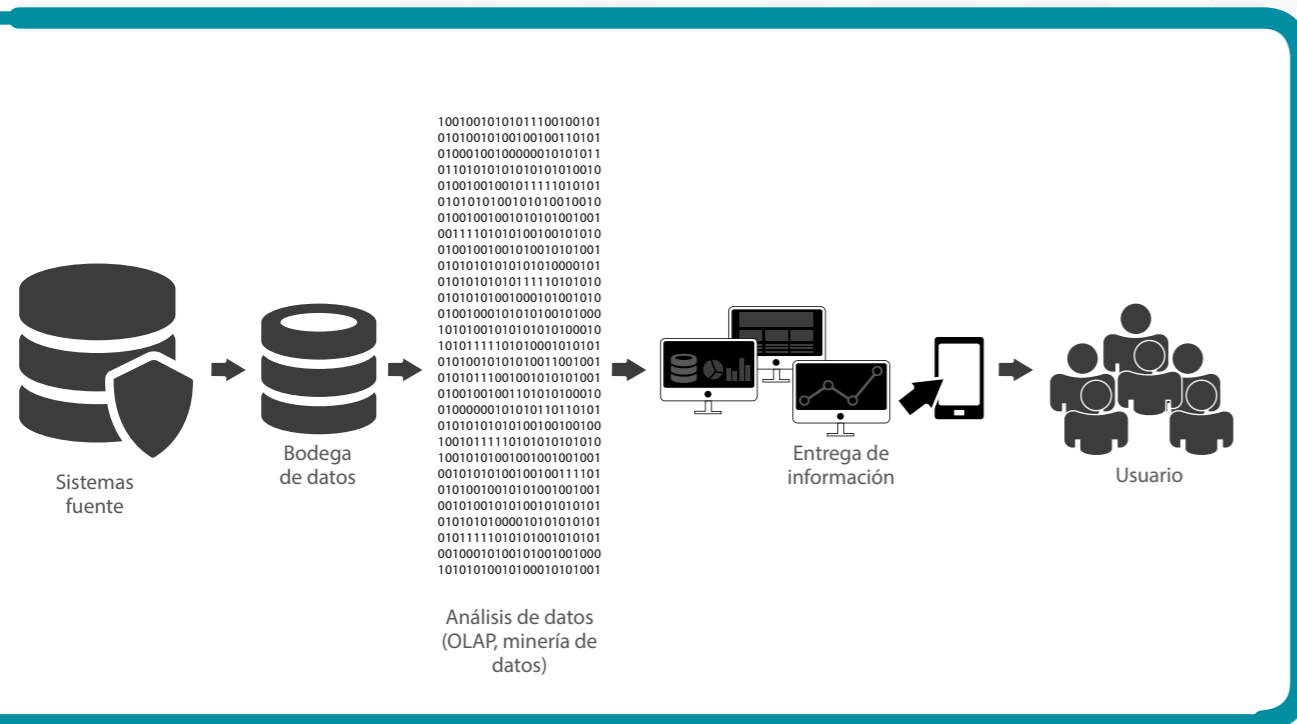


Figura 1. Esquema de los componentes del SSD

Los sistemas fuente son los orígenes de la información desde donde serán tomados los datos para su posterior procesamiento y análisis. Son aplicaciones transaccionales y bases de datos que permiten acopiar e integrar información. Los datos recolectados por los sistemas de control y monitoreo serán, en este caso, los sistemas fuente del SSD.

En la bodega de datos, la información se clasifica y agrupa según las áreas del negocio y la información recibida. En este componente, se selecciona y estandariza la información procedente de los diferentes aplicativos y entidades que entregan información.

El análisis de datos es la etapa en la cual se obtiene conocimiento a partir de los datos almacenados en la bodega de datos a través de las herramientas OLAP (*On-Line Analytical Processing*) y de minería de datos. La herramienta OLAP analiza y cruza información de las áreas del negocio con la finalidad de responder preguntas que son difíciles de contestar por métodos tradicionales. La información es mostrada gráficamente y, a partir de ese momento, la información generada ya puede ayudar a tomar decisiones estratégicas sobre una situación en particular. La herramienta de minería de datos emplea un conjunto de reglas predefinidas sobre las cuales se soporta el análisis de los datos. Su objetivo consiste en encontrar patrones y tendencias ocultas en los datos de manera automática.

Las consultas o reglas que se utilizan en esta etapa —análisis de datos— están orientadas al descubrimiento de relaciones causa-efecto. Por ejemplo, es posible determinar la manera en que las variables ambientales, como temperatura y humedad, afectan el tiempo de desarrollo de una plántula.

Al final del proceso, la información es entregada al usuario a través de interfaces minimalistas e intuitivas, no recargadas de información, y que le permiten una rápida adopción y utilización.

En suma, se puede afirmar que un SSD es un sistema interactivo basado en computador que da soporte a los tomadores de decisiones en vez de reemplazarlos, utiliza datos y modelos para resolver problemas con diferentes grados de estructura, y se enfoca en la efectividad más que en la eficiencia de los procesos de decisión, es decir, los facilita.

Fases

Las fases para el diseño, desarrollo e implementación del SSD se inician con el reconocimiento de la necesidad que va a satisfacer en los procesos de decisiones hasta el funcionamiento automatizado óptimo, validado por el usuario. Pasa por distintas etapas que se organizan de acuerdo al esquema siguiente:

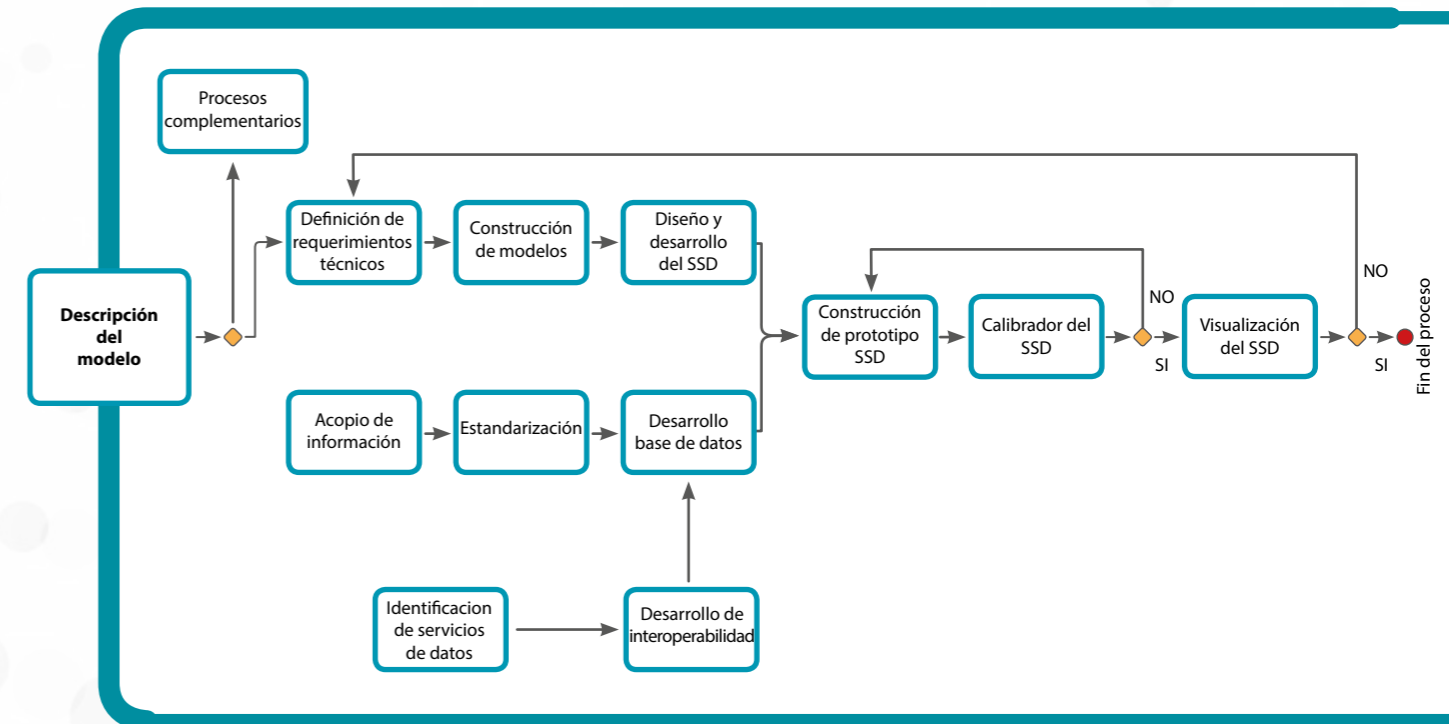


Figura 2. Flujograma de la metodología

A continuación, se describen las fases más importantes de este proceso.

• Análisis del modelo de negocio

Es la caracterización cualitativa del modelo objeto del sistema. Se definen los principales procesos que se desarrollarán y los objetivos del SSD. Se perfilan las decisiones a las que el sistema dará soporte.

Para el caso, el negocio está definido como la gestión integrada de recursos hídricos, es decir, el proceso desarrollado desde un enfoque holístico y sistémico que conlleva a decisiones participativas en el uso del agua. Entonces, los clientes de este macroproceso serán quienes mantengan un interés relacionado al agua o sus bienes asociados.

El producto o servicio ofrecido lo constituyen: normas, planes, instrumentos para la administración del agua y estudios técnicos. Citamos como ejemplo: Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos, Plan Nacional de Recursos Hídricos, planes de gestión de recursos hídricos en cuencas y derechos de uso de agua.

Por otro lado, entre los clientes del negocio, podemos mencionar a: los usuarios de agua, los integrantes del Consejo Directivo de la ANA, los representantes en los consejos de recursos hídricos de cuenca, los operadores hidráulicos y las organizaciones de usuarios. Todos ellos serían los usuarios del SSD.

Los procesos identificados en el negocio son:

- Regular la intervención del hombre en relación a recursos hídricos
- Administrar el aprovechamiento sostenible del agua
- Elaborar estudios

El primero comprende aquellas actividades que producen normas, directrices o instrumentos de planeamiento que regulan y orientan las actividades humanas en el ciclo hidrológico. El segundo proceso está constituido por las acciones desarrolladas por el Estado para administrar el recurso hídrico, es decir, para otorgar derechos en el uso sostenible del agua y sus bienes asociados. Por último, se identifican las actividades necesarias para la elaboración de estudios de clasificación de cuerpos de agua, hidrología, hidrogeología, modelamientos, inventarios y evaluación, entre otros.

El análisis del modelo se desarrolla de acuerdo al orden de preguntas siguiente:

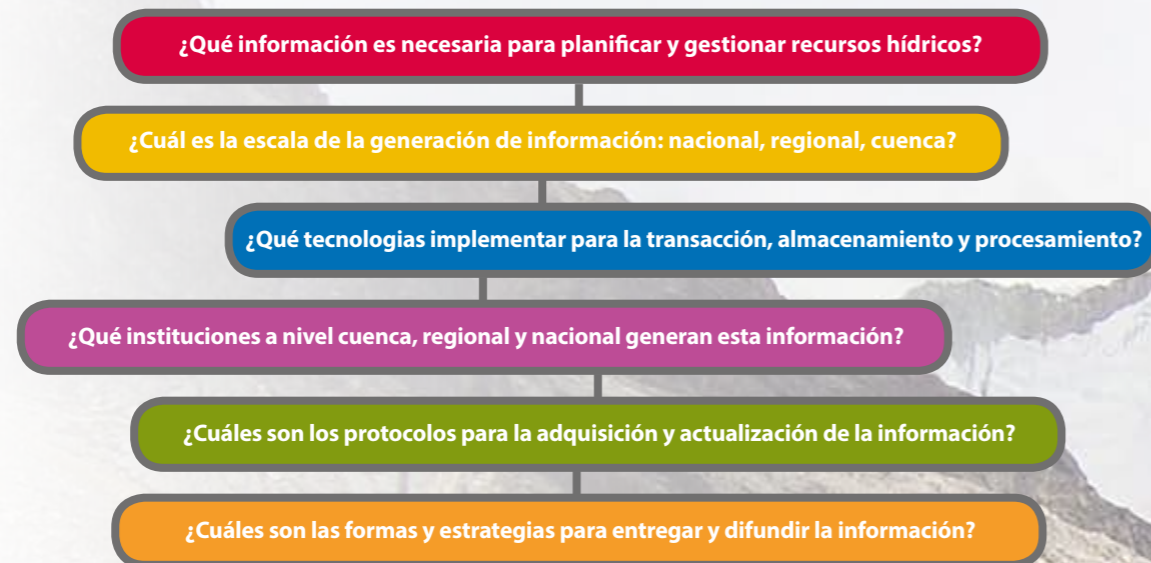


Figura 3. Lógica de análisis del modelo de negocio

• **Funcionalidades**

Las funcionalidades del SSD responden a las necesidades o requerimientos técnicos que los clientes tengan del sistema. Estas funcionalidades son levantadas con la participación de los clientes del sistema. Son preparadas estrechamente con el cliente del negocio o usuarios del sistema para precisar los requerimientos que resolverá la herramienta. Entonces, para el SSD, se plantea los requerimientos siguientes:

- **Gestión de la oferta y demanda hídrica (superficial y subterránea)**
 - o Modelamiento de la oferta de agua superficial
 - o Modelamiento de acuíferos
 - o Definición de planes de distribución de agua
- **Calidad del agua**
 - o Modelar la temperatura del agua, la materia orgánica, el oxígeno disuelto, los ciclos de nitrógeno y fósforo, y los problemas de eutrofización
- **Valor económico del agua**
 - o Evaluación de los diferentes valores de la retribución económica por el uso y vertimientos de agua
- **Escenarios de disponibilidad y cambio climático**
 - o Balances hídricos ante los escenarios de cambio climático
- **Riesgos hídricos**
 - o Modelamientos hidráulicos e hidrológicos
 - o Generación de alertas tempranas ante inundaciones o sequías.
- **Planificación de infraestructura hidráulica**



Figura 4. Esquema de la estructura del SSD

Los requerimientos están alineados con las competencias y funciones de las secretarías técnicas de los consejos de recursos hídricos de cuenca, principales usuarios del sistema. A la vez, estarán organizados en módulos temáticos (cantidad, calidad, derechos, valor económico, cambio climático y planeamiento).

• Modelamiento hídrico

En esta fase, se considera la determinación de los fundamentos teóricos o conceptuales que utilizarán los módulos del sistema. Por ejemplo, para el caso de la generación de oferta hídrica se aplicarán los modelos precipitación–escorrentía por su extendida difusión.

El segundo módulo, calidad de agua, comprenderá modelos que permitan estimar el comportamiento de la difusión de contaminantes en los cuerpos de agua.

Estos modelamientos serán parte de la programación y desarrollo de las rutinas propias de cada módulo.

• Adquisición de datos

Comprende desde la identificación de variables y la construcción de metadatos hasta la recopilación de datos e información (hidrológica, meteorológica y geoespacial) que utilizará el sistema.

A la vez, comprende la identificación de las tecnologías propias de cada variable, es decir, la forma como el dato se genera: convencional, digital o mixta. Esta información sobre la variable facilita el diseño de las herramientas para la adquisición de los datos.

Algunos módulos del SSD (gestión de la oferta y demanda hídrica, calidad del agua, y escenarios de disponibilidad y cambio climático) copiarán información de sistemas de transmisión satelital o celular (GMS) o de mensajería vía SMS. En este caso, la arquitectura de comunicación para la red de estaciones automáticas sigue el esquema siguiente:

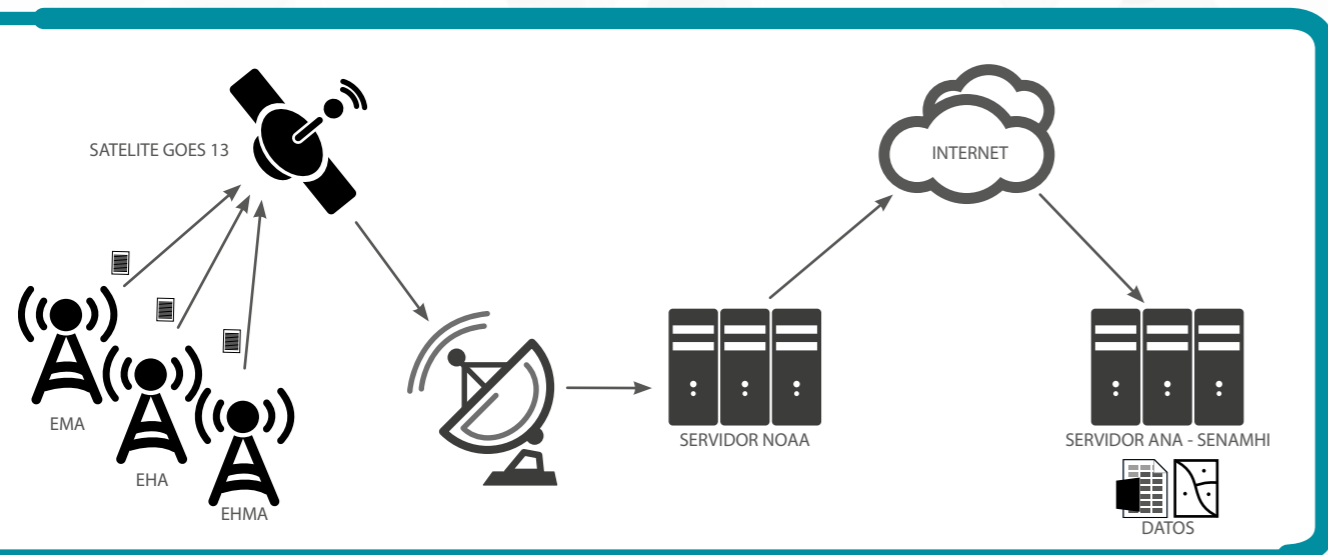


Figura 5. Esquema de comunicación de red de estaciones automáticas hidrometeorológicas

Este sistema de comunicación está estrechamente relacionado con los sistemas de modelamiento hidráulico, que permiten transmitir en tiempo real datos de precipitación, de niveles de ríos y de embalses, los cuales posibilitan estimar los escenarios de superficies de inundación. El sistema de comunicación apoya los sistemas de alerta temprana ante inundaciones establecidos en los comités de emergencia a nivel nacional.

En relación a los sistemas transaccionales, se implementaron las aplicaciones para la transferencia de información de las clases de variables siguiente:

- Oferta de agua superficial (caudales y precipitación)
- Monitoreo de vertimientos de aguas residuales
- Peligros y emergencias hídricos
- Inventario de fuentes de aguas subterráneas
- Usos de agua
- Retribución económica
- Derechos de uso de agua

Adicionalmente, se requiere organizar los procesos de gestión de datos geoespaciales. Para tal propósito se implementó el geoservidor institucional, en el que se aloja y sistematiza la información georreferenciada preparada por la Autoridad Nacional del Agua y otra información asociada a recursos hídricos, recibida de otras instituciones.

El proceso de implementación del SSD comprende la culminación de otras clases de variables, como: registro de áreas vulnerables de inundación, caudal ecológico y zonas de extracción de material de acarreo.

Adicionalmente, se prevé la interconexión con servicios web a fin de establecer protocolos de comunicación entre bases de datos.

• Sistematización de información

En esta fase, se concluye con la definición de los formatos —físicos y digitales— de la información requerida por los módulos del sistema y se desarrolla el modelamiento conceptual, lógico y físico de la base de datos considerando los formatos, estándares y clases creados en la fase de adquisición de datos. Además, integra las relaciones propias de cada variable y los procesos identificados en la descripción del negocio.

En general, los datos son ordenados en función a las clases de información.

A la vez, integra los datos geoespaciales en un gestor SQL. La base de datos geoespaciales es traducida desde su formato original a un esquema tabular, lo que facilita los procedimientos de consulta, análisis y visualización.

Ello, a la vez, posibilita la construcción de la bodega de datos que alimentará los diferentes módulos del SSD. Incluye herramientas para la búsqueda, consulta e integración de datos, orientándose a la minería de datos e inteligencia de negocios. Comprende procesos de extracción y traducción (ETL) de información desde los diferentes sistemas fuentes.

• Ventajas y desventajas

Entre las ventajas del SSD, se puede citar:

- Evita el esfuerzo de desarrollo permitiendo reducir los tiempos
- Incorpora las mejores prácticas en la gestión de información
- La información está integrada y se visualiza o consulta a través de módulos, lo cual permite ajustarse a las necesidades de cada usuario

Entre las desventajas del SSD, se puede mencionar:

- Requiere una compleja tarea de personalización del software según las necesidades del usuario
- Exige un alto esfuerzo y costo de implementación
- Es necesario adaptar los procesos de la organización al paquete de software
- Exige una mayor demanda de recursos de computación

CONCLUSIONES

- La tecnología informática debe ser capaz de procesar, almacenar y gestionar millones de datos y relacionarlos entre sí.
- La propuesta se compone de una plataforma tecnológica, servidores, sistemas de telecomunicaciones y adquisición de datos a tiempo real.
- El sistema de soporte a la toma de decisiones hídricas (SSD) es un sistema informático interactivo que, a través de datos, puede integrar modelos conceptuales biofísicos y socioeconómicos de un sistema hidrológico, que ayuden a resolver problemas relacionados a los recursos hídricos.

RECOMENDACIONES

- El sistema de soporte a las decisiones hídricas, como herramienta de apoyo a los tomadores de decisión, debe contemplar el requerimiento funcional de las necesidades específicas de los usuarios finales.
- El sistema debe contemplar niveles de gestión para los distintos tomadores de decisión en el nivel nacional, regional y de cuenca.