

Patrones conceptuales para Sistemas de Información Hídrica

Urciuolo Adriana, Iturraspe Rodolfo, Parson Ariel, Sandoval Sandra

Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco – Sede Ushuaia – Darwin y Canga (9410) Ushuaia
e-mail: urciuolo@tdfuego.com, iturraspe@tdfuego.com, a-parson@infovia.com.ar, sandrasandoval@ciudad.com.ar

Resumen

Los Sistemas de Información Hídrica presentan diversos problemas durante la fase de almacenamiento y análisis de datos, relacionados con la complejidad de los fenómenos espacio-temporales vinculados a la información ambiental. Se presentan cuestiones a resolver tales como: la representación geográfica de las variables ambientales, el manejo de extensas series de tiempo y el registro de mediciones y observaciones asociadas a los distintos fenómenos hidrológicos.

Los patrones de análisis reflejan estructuras conceptuales de un dominio de aplicación, agilizando el desarrollo del modelo abstracto del análisis, que captura los principales requerimientos de un problema concreto. Dadas sus características, en el presente trabajo, se aplican estos patrones para definir microarquitecturas conceptuales que permitan la representación conveniente de la información ambiental en sistemas de información hídrica. Para ello se identifican los objetos ambientales del dominio físico que intervienen en los principales procesos hidrológicos, se define una lista de requerimientos relacionados con los problemas expuestos y en base a ello, se desarrolla la etapa de análisis, planteando modelos conceptuales en base a patrones. Para la representación geográfica de la componente espacial de los fenómenos hidrológicos, se especializa el framework conceptual GeoFrame (Lisboa, 2000).

Palabras clave: patrones, análisis, información hídrica, modelo conceptual

Introducción

Los Sistemas de Información Hídrica (SIH) se relacionan con el manejo de los datos correspondientes a los distintos componentes interactuantes del ambiente “hídrico”: el suelo, el agua, el aire y las especies existentes. Estos sistemas abarcan una gran diversidad de problemas y funcionalidades relacionados con el recurso agua, tales como modelado de ríos y cuencas, calidad de aguas, predicción de crecidas, riesgos hidrológicos, etc. Incluyen programas de manejo de bases de datos hidrometeorológicas, análisis estadístico de datos y simulación de diferentes procesos (lluvia/caudal, transporte de sedimentos, calidad, etc.) mediante modelos que permiten la toma de decisión ambiental.

Normalmente el flujo de datos para estos sistemas y en general, en los sistemas de información ambiental (SIA) se estructura en cuatro fases (Günther, 1998): *captura de datos del mundo real*, *almacenamiento de datos*, *análisis de los datos* y *manejo de metadatos*. El primer paso en la construcción de un SIH consiste en el mapeo de los objetos del mundo real a entidades abstractas que puedan ser manipuladas por computadoras o directamente por los tomadores de decisión (Günther, 1998).

Durante la *fase de almacenamiento de datos*, uno de los principales problemas que se plantea en el modelado conceptual de estos sistemas es el manejo de la complejidad, causada entre otros motivos por la necesidad de *tratamiento de grandes volúmenes de datos y objetos espacio/temporales*. Esto implica resolver cuestiones tales como la *representación geográfica de los objetos y variables ambientales* y el *manejo de extensas series de tiempo*, así como el *registro de fenómenos*

observados además de los medidos. Se debe además, representar de forma conveniente la información climática capturada mediante redes de medición, utilizada en gran parte de los métodos de hidrología estadística. El uso creciente de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en las organizaciones de manejo ambiental y los beneficios que brinda en el tratamiento de información geográfica, plantea además la necesidad y conveniencia de utilizar una arquitectura SIG para el modelado conceptual de SIH.

Se plantea en consecuencia, la necesidad de proveer modelos conceptuales apropiados para el desarrollo de estos sistemas, que permitan su construcción considerando los requerimientos específicos del dominio.

Las arquitecturas para dominios específicos de software proveen una estructura organizacional hecha a medida para una familia de aplicaciones, que permiten organizar su desarrollo, sostener el reuso y la evolución de los sistemas, simplificando el proceso de construcción de nuevos sistemas, a través de la reutilización de la infraestructura existente. Para un estilo arquitectural dado puede existir un conjunto de *patrones de diseño, conceptuales y/o arquitecturales* que, designados para trabajar dentro del estilo, actúan como “microarquitecturas” (Monroe et al, 1996).

Los patrones han sido utilizados en la Ingeniería de Software para permitir el reuso de soluciones que han probado ser exitosas para problemas recurrentes, en las diferentes etapas del proceso de desarrollo de software. Existen diferentes tipos de patrones, los cuales pueden clasificarse de acuerdo a: niveles de abstracción y rangos de escala, dependencia de un dominio de aplicación particular, etapa del proceso de desarrollo de software, etc.

Actualmente las categorías de patrones utilizadas pueden clasificarse (Appleton, 2000) de acuerdo al nivel de abstracción y rango de escala en: patrones arquitecturales (Buschmann et al, 1996), patrones de análisis o conceptuales (Fowler, 1997), patrones de diseño (Gamma, 1995), idiomas (o patrones de código) y patrones de procesos.

Los *patrones de análisis* hacen posible el *reuso de soluciones de modelado conceptual* y *utilizan la jerga de un dominio de aplicación* (Fowler, 1997). Si bien estos patrones han sido ampliamente utilizados en otros dominios, incluso en aplicaciones geográficas, prácticamente no existen antecedentes del uso de los mismos en sistemas de hidroinformática. No obstante, se considera apropiada su utilización para la construcción de modelos conceptuales en el dominio.

De acuerdo a lo expuesto, el objetivo del presente trabajo consiste en el desarrollo de microarquitecturas conceptuales basadas en el uso de patrones de análisis, que permitan *modelar en forma adecuada y flexible los complejos fenómenos espacio-temporales del mundo natural correspondientes a los SIH, en el marco de una arquitectura conceptual para SIG.*

Patrones conceptuales

El término "patrones de análisis" (o conceptuales) fue utilizado por Martin Fowler (Fowler, 1997) para patrones que se utilizan para describir soluciones a problemas que aparecen durante las etapas de requerimientos y modelado conceptual de los datos. Reflejan estructuras conceptuales del dominio de aplicación, más que soluciones computacionales. Fowler (1997) definió los patrones como: *"Una idea que ha probado ser útil en un contexto práctico y también lo será probablemente en otros"*. Estos patrones contribuyen al proceso de desarrollo de software en dos tareas principales: en primer lugar, agilizan el desarrollo del modelo abstracto del análisis que captura los principales requerimientos de un problema concreto, proveyendo modelos de análisis reusables con ejemplos y

descripciones de ventajas y limitaciones; en segundo lugar, facilitan la transformación del modelo del análisis al del diseño, sugiriendo soluciones confiables para problemas comunes.

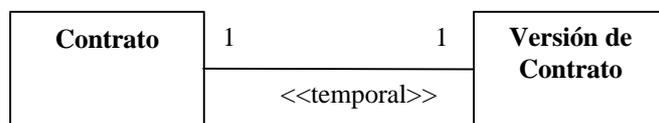


Fig. 1 - Ejemplo de Patrón conceptual Temporal Object (Fowler, 2001): Objeto que cambia con el tiempo

Los Patrones de análisis, a diferencia de los de diseño, son dependientes de la aplicación, su semántica describe aspectos específicos de algún dominio. Puede decirse que su importancia reside en que permiten definir modelos conceptuales que, en su conjunto, describen un “lenguaje del dominio”.

Dadas sus características, estos patrones se utilizan en el presente trabajo, durante la etapa de modelado conceptual de un sistema de información hídrica, a los fines de definir un lenguaje adecuado para este dominio, que facilite la apropiada representación de la información ambiental.

Metodología

El modelo de microarquitecturas conceptuales, se construye partiendo de la *identificación de los objetos ambientales del dominio*, que soportan los distintos procesos vinculados a los SIH considerando en posteriores etapas de un proceso de desarrollo, que los mismos tienen comportamiento geográfico (Gordillo, 1998) y comportamiento hidrológico asociado (Urciuolo et al, 2001).

En un segundo paso, se define una *lista de requerimientos candidatos* para los modelos conceptuales a construir, que se utilizan como conductores de los diagramas desarrollados. En posteriores iteraciones del proceso de desarrollo, los requerimientos pueden ser refinados mediante la construcción de un modelo de casos de uso.

En base a los objetos del dominio, y a los requerimientos planteados, *se identifican las clases del análisis* de un SIH, necesarias para desarrollar modelos conceptuales que brinden soluciones apropiadas a los problemas considerados.

El análisis conceptual se realiza *aplicando patrones de análisis* (Fowler, 1997, 2001) apropiados para satisfacer los requerimientos expuestos. Se utiliza notación UML (Booch, 1998) para los diagramas de clases.

1. Objetos del Dominio

La información en la hidroingeniería tiene tres fuentes principales: mediciones y observaciones de la naturaleza, modelos numéricos de simulación, suposiciones y especificaciones realizadas por expertos. En cuanto a la primera de ellas, que corresponde al *dominio físico*, tradicionalmente las administraciones gubernamentales clasificaron los objetos ambientales, según su pertenencia a uno de los tres medios: suelo, agua, aire. Existen clasificaciones más completas como la de Günther (Günther, 1998). No obstante, a los fines del presente trabajo y dadas las características específicas del dominio de los SIH, se presenta la siguiente clasificación:

Componentes del Sistema Físico:

Objetos Hidroecológicos Cuenca, subcuenca Area de captación Curso de agua Acuífero Suelo Vegetación Lago Reservorio Almacenamiento en depresiones Glaciar Nieve estacional Planicie Inundación	Objetos de Actividad Humana Uso – Descarga –Efecto Ambiental Tecnológicos Toma de agua Central Hidroeléctrica Planta de Tratamiento Pozo Estación de bombeo	Variables Atmosféricas Precipitación Temperatura Humedad Viento Radiación Solar Presión atmosférica Nieve
	Objetos De Medición Estación hidro-meteorológica Sección de control Estación de calidad Sensor	Variables Hidrológicas Caudal Nivel de agua Parámetro ambiental Sólido en suspensión

2. Lista de Requerimientos candidatos

Se plantean los siguientes requerimientos para el modelo conceptual:

- Considerar la representación de los fenómenos espaciales discretos y/o continuos, asociados a los componentes hidrológicos del sistema.
- Permitir múltiples representaciones o formas de abstracción para la componente espacial de los fenómenos hidrológicos.
- Definir una jerarquía de clases apropiada para los componentes hidrológicos y su relación con la unidad geográfica que los contiene.
- Representar en forma conveniente extensas series de mediciones de diferentes variables y parámetros, considerando la posibilidad de contar con la forma de medición de los mismos.
- Manejar los datos temporales en diferentes niveles de granularidad.
- Representar las propiedades temporales (por ej., instrumental instalado) asociadas a componentes hidrológicos.
- Registrar fenómenos observados, además de los medidos.
- Incorporar facilidades para el tratamiento estadístico de las variables.
- Permitir el registro de problemas ambientales en base a observaciones de parámetros.

3. Clases del Análisis

Se identifican las siguientes clases del análisis:

Objeto Hidrológico:

Cuenca, Subcuenca

CompHidro: Curso, Canal, Lago, Reservorio

Variable Hidrológica:

VarHidro: Caudal, Volumen, Nivel

ParAmb: Cloruros, Sulfatos, PH, etc.

Objetos de Medición:

Estación, Sensor, Instrumental

Sección de Control
Medición
Observación

Objetos de actividad Humana:

Toma, Planta de Tratamiento, Central Hidroeléctrica, Pozo, etc.

Uso, Permiso.

Efecto Ambiental

Se omiten las clases Suelo, Vegetación y otras, por considerar que, si bien pertenecen al nivel de información ambiental y, por lo tanto, interactúan con el sistema, las mismas serán parte de un Sistema de Ecología Terrestre. Lo mismo sucede con las variables atmosféricas, ya que las mismas serán clases del Sistema Climático. No obstante, cuando sea necesario, serán consideradas en la etapa de modelado conceptual.

Microarquitecturas conceptuales para Sistemas de Información Hídrica

De acuerdo a los requerimientos planteados, se aplican patrones de análisis a los fines de proveer diagramas de clases básicos para asistir en el modelado conceptual de fenómenos hidrológicos. La representación geográfica se resuelve mediante la especialización de un framework.

Representación geográfica de los componentes hidrológicos:

El problema de la representación geográfica se resuelve mediante el uso del Framework conceptual Orientado a Objetos GeoFrame (Lisboa et al, 2000), que sirve como base para la construcción de modelos de bases de datos geográficas. Souza (Souza, 1998) define un Framework como “*Un diseño genérico en un dominio que puede adaptarse a aplicaciones específicas, siendo utilizado como un molde para la construcción de aplicaciones*”.

Lisboa plantea un framework conceptual para aplicaciones geográficas y una nomenclatura asociada, que en el presente trabajo se especializa para el Sistema de Información Hídrica utilizándose como base para el desarrollo del modelo conceptual.

Este framework utiliza cuatro clases principales: GeographicRegion, Theme, NonGeographicObject, GeographicPhenomenon, las cuales generalizan en un alto nivel de abstracción, los elementos de un esquema de datos geográficos.

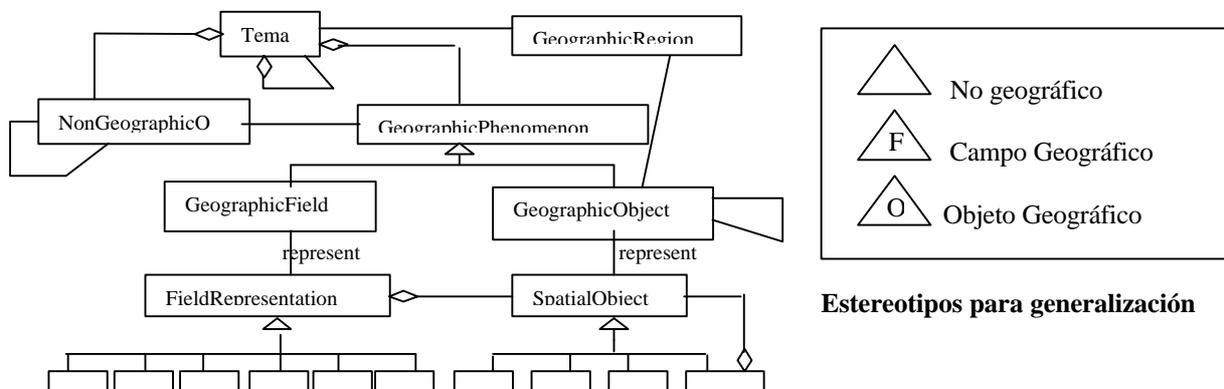


Fig. 3 - Diagrama de clases de GeoFrame

Para cada región geográfica puede especificarse una colección de temas: hídrico, climático, suelos, etc.; la especificación conceptual de un tema, no necesariamente ocasiona la implementación de

una capa de datos en un SIG. El framework utiliza objetos y campos geográficos permitiendo diferentes representaciones para ambos: polígono, celda, etc.

A los fines de simplificar los diagramas de especialización del framework, se utilizan los estereotipos definidos como extensión de la notación UML para fenómenos geográficos.

Jerarquía de clases para componentes hidrológicos:

Para modelar los principales componentes hidrológicos de SIH, se adapta la jerarquía propuesta por Andersen (Adaptación de Andersen, 2000), como se muestra a continuación.

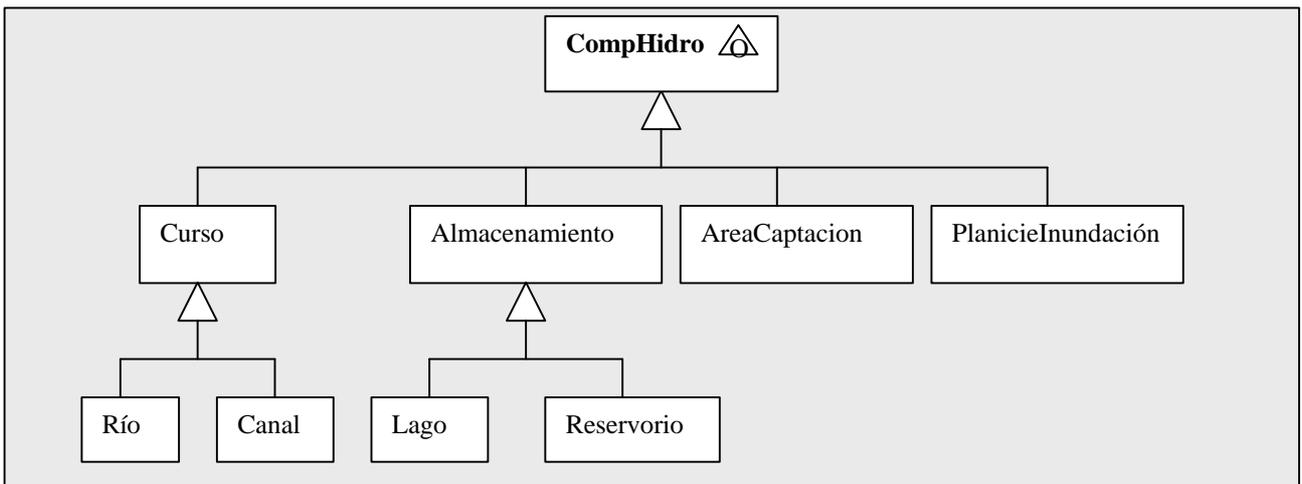


Fig. 4 - Jerarquía para Componentes Hidrológicos

Se define una interfase para todos los objetos que comparten un comportamiento común: almacenan un volumen de agua y puede calcularse un flujo a la salida del componente mediante alguna función que relaciona entradas con salidas. Se utiliza el estereotipo correspondiente de GeoFrame.

Unidad geográfica para los componentes hidrológicos:

Se plantea a nivel del modelo conceptual, que en cualquier Zona de interés (por ej. una Unidad Jurisdiccional geográfica como Provincia, País) en la cual se implemente un Sistema de Información Ambiental, los distintos objetos ambientales existentes en su territorio, pertenecen a una cuenca hidrográfica (compuesta de subcuencas); Unidad Jurisdiccional especializa la clase Región Geográfica de GeoFrame. Esto se muestra en el diagrama de clases.

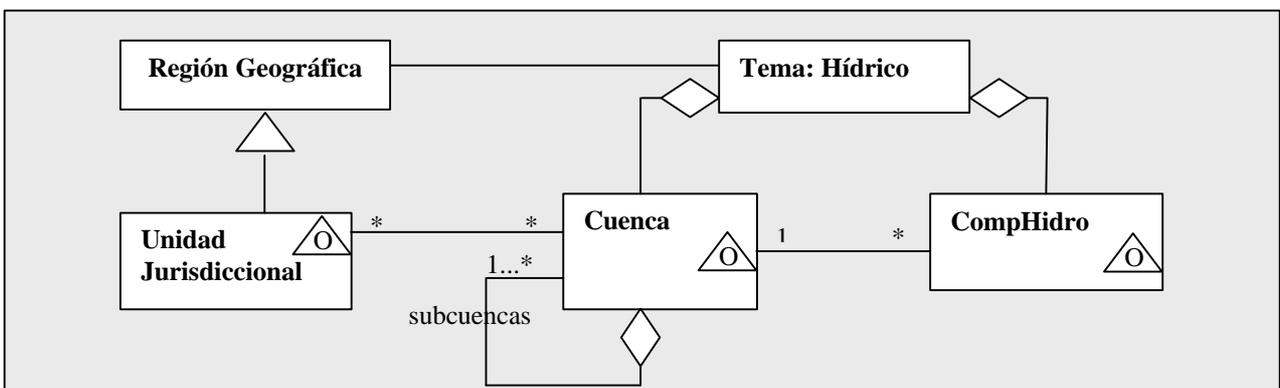


Fig. 5 - Unidad geográfica considerada para el SIH

Para una misma región, pueden definirse otros temas, además del hídrico (suelos, clima, etc.); la Región geográfica considerada, servirá de referencia para la relación de la información almacenada

en los distintos sistemas del nivel ambiental. Los estereotipos utilizados aseguran que cada objeto tenga su representación espacial definida en algún sistema.

Registro de Mediciones de variables hidrológicas y ambientales:

En un Sistema de Información Hídrica, se almacenan los datos correspondientes a niveles de agua registrados, a caudales (líquidos y sólidos) aforados y a parámetros ambientales medidos. Para el modelado conceptual de dichas variables se desacopla la sección de control del Componente Hidrológico y se aplica el patrón *Measurement* (Fowler, 1997) que permite registrar en forma apropiada información cuantitativa. Se adapta además para el caso de mediciones hidrológicas, el patrón conceptual *Environmental Quality Parameters* (Lisboa et al, 1998) desarrollado para sistemas ambientales. Las cantidades normalmente, se utilizan como atributos de objetos de los cuales se registra información. Considerando la gran cantidad de datos que se acumulan en aplicaciones en las cuales se manejan series de tiempo, se considera apropiada la aplicación de este patrón, en el cual *las mediciones en sí mismas se tratan como objetos*.

Por otra parte, desacoplar la Unidad de medida de las variables, permite representar en diferentes unidades una misma variable y convertir cantidades de una unidad en otra.

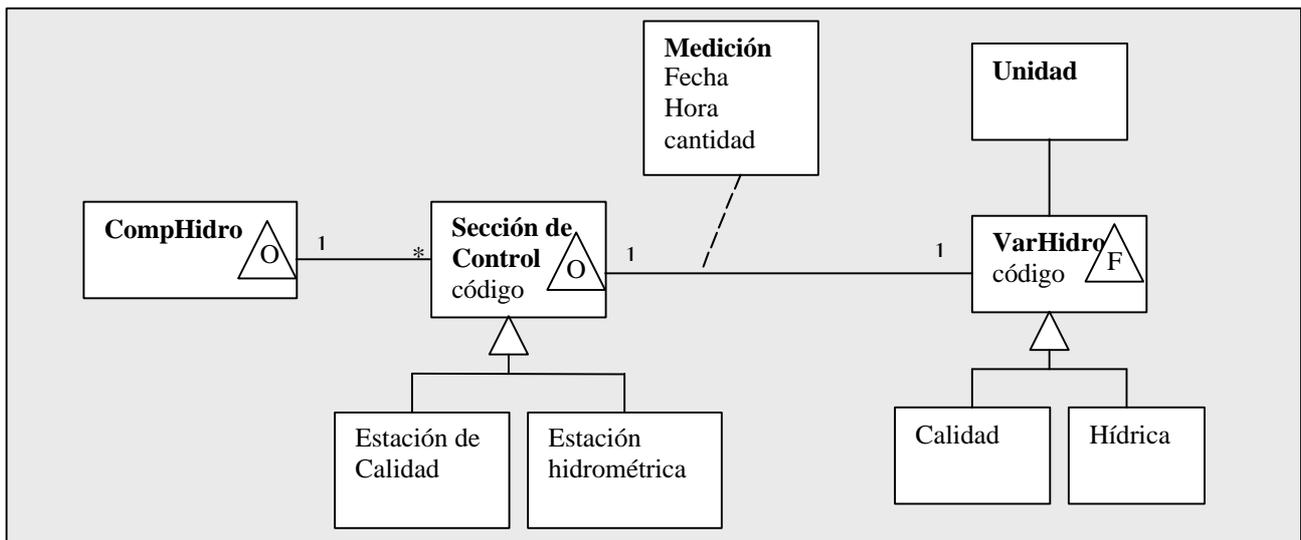


Fig. 6 - Adaptación del Patrón Measurement para mediciones hidroambientales

Registro de la forma de Medición de las variables hidrológicas:

Para el cálculo del caudal a partir de mediciones (aforos), se utiliza un método que involucra la medición de alturas y velocidades del agua a lo largo del ancho de una sección de control, con un instrumental llamado molinete, que tiene una fórmula de calibración específica. A los fines de realizar el cálculo del caudal correspondiente al aforo, se hace necesario indicar la forma en que se realizó la medición (molinete utilizado, cantidad de puntos por vertical, etc.)

Se utiliza el patrón conceptual *Protocolo de medición* (Fowler, 1997) que permite registrar el protocolo utilizado para crear una medición.

Por otra parte, a partir de las alturas registradas y los caudales medidos con se cuenta, se puede completar una serie de caudales, mediante la construcción de una curva H-Q (función que relaciona las alturas y caudales); en el caso de que la serie generada en base a H-Q se quiera mantener almacenada durante una simulación o por política de la organización, los caudales calculados pueden registrarse en forma separada de los caudales medidos. Se registra además el rango admisible para cada variable, a los fines de no incorporar valores erróneos en la serie.

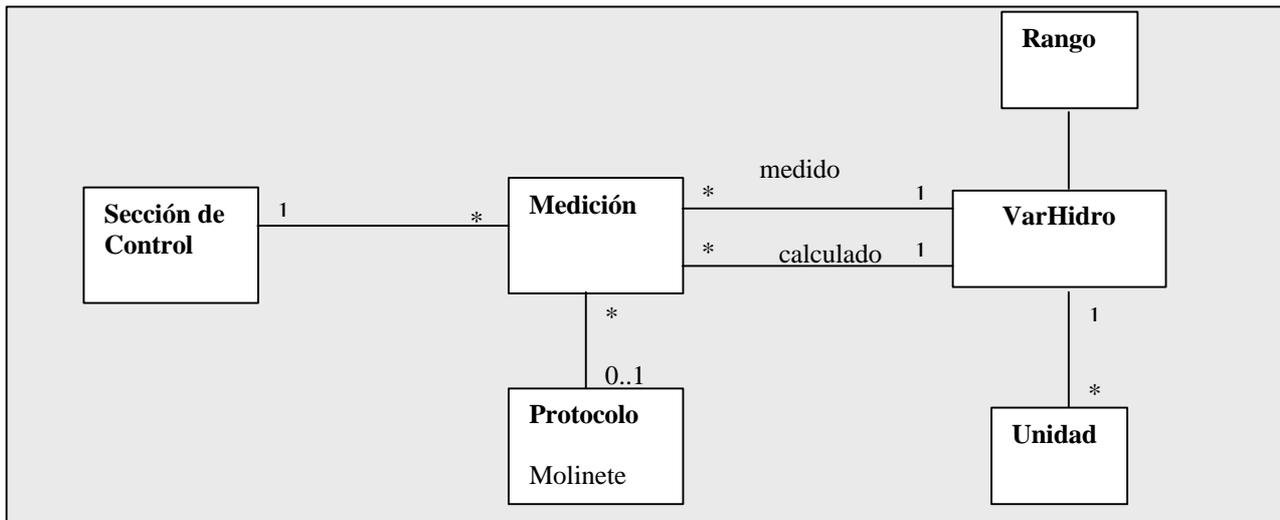


Fig. 7 - Aplicación de Patrón Protocolo a la medición de caudales líquidos y sólidos con rango admisible

Manejo de Datos temporales:

La cuestión que se presenta en relación al momento de medición de las variables, es que los puntos de tiempo pueden presentarse en varios niveles de precisión, por ejemplo diaria (27/06/2002) o al segundo (27/06/2002 09:34:35 am). El punto clave es definir una arquitectura flexible para el dominio, que permita manejar datos temporales en diferentes niveles de granularidad. El patrón *Time Point* (Fowler, 2001) representa un punto en el tiempo para alguna granularidad. Se desacopla la fecha o “tiempo” de medición definiendo una clase Punto de Tiempo y después se asigna la precisión; como servicio básico para la clase, se incluye un método: “obtener punto de tiempo actual”.

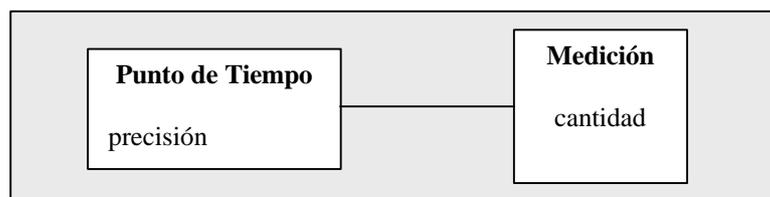


Fig. 8 - Aplicación de patrón Time Point

Representación del Instrumental temporal de las secciones de control

Una sección de control puede tener distinto tipo de instrumental instalado, por ejemplo, un limnógrafo registrador de niveles; el limnógrafo puede modelarse como un atributo de la sección, y usualmente las propiedades de una clase representan cuestiones que podemos preguntar a un objeto *ahora*. Sin embargo, a veces interesa conocer los valores de variables para una propiedad en algún punto de tiempo pasado, por ejemplo, este instrumental puede quedar fuera de servicio o ser actualizado por uno más moderno y seguramente será de interés conocer para una serie de tiempo de niveles, qué limnógrafo fue utilizado para las mediciones a los fines de comparación y calibración.

Se puede utilizar en este caso, el patrón *Time Property* (Fowler, 2001), que representa una propiedad que cambia con el tiempo. Es útil cuando una clase tiene unas pocas propiedades que muestran comportamiento temporal y se quiere tener fácil acceso a dichos valores temporales. El aspecto clave a tener en cuenta en la utilización de este patrón, es proveer una interface regular para

tratar con aquellas propiedades de un objeto que cambian con el tiempo. Para ello se les incorpora métodos accesores y de actualización, que toman el punto de tiempo como un argumento. De este modo se puede averiguar “Cuál era el instrumental instalado en la sección el 10 de julio de 1998?”.

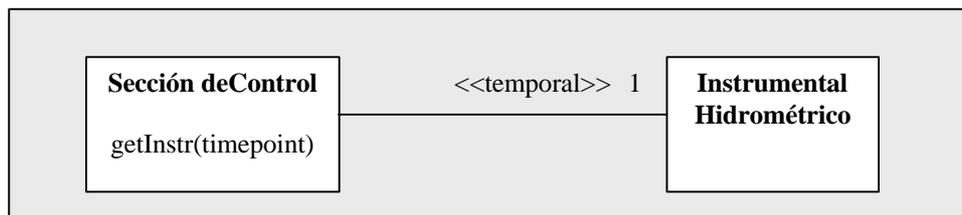


Fig. 9 - Definición de propiedades de una sección que cambian con el tiempo

Registro de eventos observados:

Una cuestión importante en los SIH es permitir registrar y modelar eventos de crecidas, es decir situación de máximos caudales. A veces no se cuenta con mediciones de caudales en las fechas de ocurrencia de los eventos, pero se cuenta con información brindada por pobladores acerca de hora de comienzo y final de los eventos, así como marcas en el terreno; se puede estimar el caudal de la crecida en tales situaciones a partir de las marcas existentes.

Para estas situaciones es posible adaptar el patrón *Dual Time Record* (Fowler, 1997), que permite registrar en forma separada la fecha en la cual se registra una información y su aplicabilidad. El patrón se adapta en este caso, para registrar separadamente la fecha de observación y registro de un evento y el periodo de tiempo de ocurrencia del mismo.

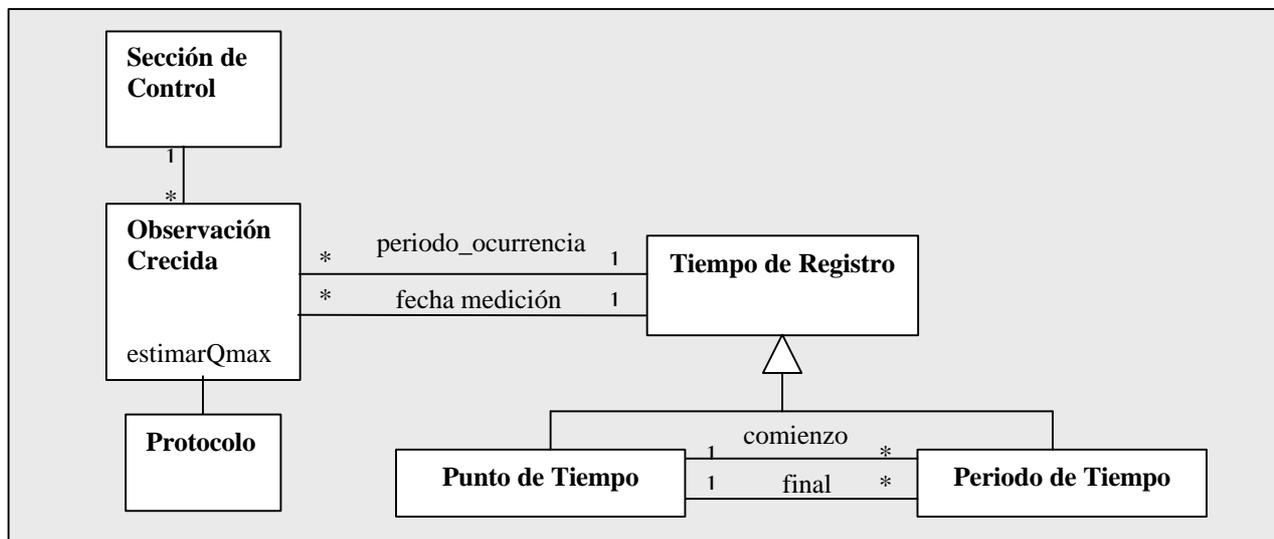


Fig. 10 - Adaptación del Patrón Dual Time Record para registrar eventos observados

Incorporación de Métodos Estadísticos:

A partir de las series medidas, dependiendo de los requerimientos, se utilizan caudales medios, máximos o mínimos, que se calculan en base a métodos estadísticos. Por ello es importante que un SIH cuente con facilidades para cálculos estadísticos básicos, además de otros cálculos específicos tales como: Curvas de Frecuencia, Curvas de duración, Curvas Descarga-Duración-Frecuencia, Curvas Volumen-Descarga-Frecuencia, Análisis estadístico de duración y volumen de crecidas, etc.

Otros métodos de interés son los de maximización tales como: Gumbel, Pearson, Pearson III, que permiten la realización de cálculos hidrológicos en una sección, para un periodo de recurrencia dado (por ej. caudal máximo probable para 100 años).

Se considera apropiado separar en estos casos el nivel de conocimiento del nivel operacional, definiendo un grupo de objetos en el nivel de conocimiento cuyas instancias afectan el comportamiento de un grupo de objetos operacionales, permitiendo cambiar su comportamiento sin alterar el código de los mismos. Se utiliza el patrón *Knowledge level* (Fowler, 2000), en el cual se define un grupo de objetos que describe cómo se debe comportar otro grupo de objetos. Se muestran como ejemplo, la incorporación de métodos de maximización del caudal en una sección y la incorporación de métodos que permitan calcular el caudal medio, mínimo, etc. en un curso de agua.

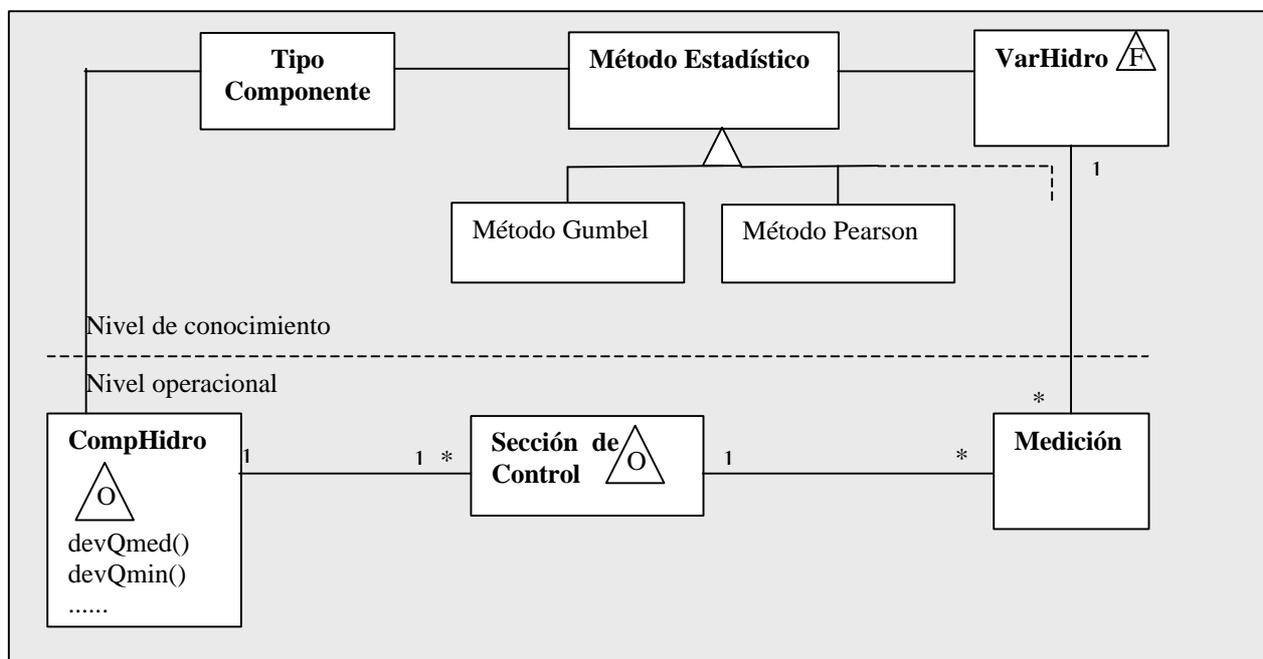


Fig. 11 - Separación de nivel de conocimiento y nivel operacional para tratamiento estadístico

De la forma planteada, pueden definirse además en el nivel de conocimiento, los métodos disponibles relativos a curvas de frecuencia, alertas hídricas, etc.

Registro de problemas ambientales:

Para registrar problemas ambientales observados en cursos de agua, asociados a los distintos usos, se puede adaptar el patrón Associated Observation. Este patrón permite registrar en el nivel operacional, cadenas de evidencia para las observaciones realizadas sobre un componente hidrológico. En el nivel de conocimiento se describe qué enlaces son posibles.

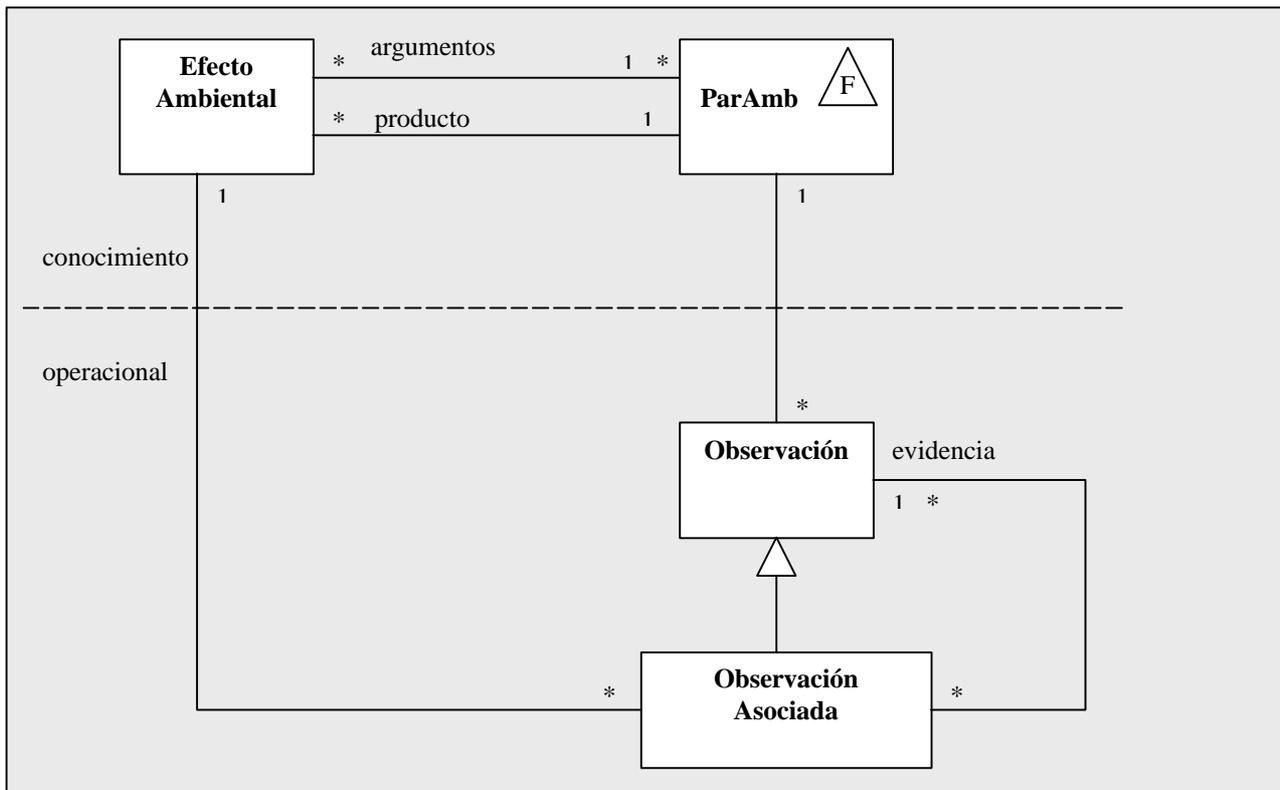


Fig. 12 – Registro de efectos ambientales surgidos de evidencia de observaciones

Como se observa, la observación asociada en el nivel operacional es una subclase de observación, dado que, en este nivel una observación particular se hace con evidencia de soporte.

Un parámetro ambiental puede tener muchos efectos asociados (en el nivel de conocimiento) pero una observación particular tiene sólo un conjunto de observaciones como evidencia.

Efecto Ambiental se comporta como Función asociativa entre los parámetros y las observaciones registradas en base a la evidencia. Los argumentos de la Función Asociativa (Efecto Ambiental) son los conceptos de observación (parámetros ambientales) y el producto es la observación asociada.

Ejemplo: Se observa la existencia de coliformes y nitratos (Parámetro Ambiental) por encima del nivel admisible y se realiza una Observación Asociada de contaminación orgánica. La observación asociada se enlaza con la función asociativa cuyos argumentos son los conceptos de observación (parámetros ambientales) y cuyo producto es la contaminación orgánica.

Conclusiones

Se demuestra la conveniencia del uso de mecanismos que facilitan el desarrollo de modelos reusables de software, en el dominio de interés. La definición de objetos para el dominio físico, sirve de base para la identificación de las clases del análisis en diferentes aplicaciones de SIH. La utilización del framework conceptual GeoFrame permite resolver a nivel conceptual el problema de la representación geográfica de los componentes hidrológicos y brindar múltiples representaciones para la componente espacial. El uso de patrones conceptuales para un Sistema de Información Hídrica facilita la representación de los fenómenos espacio/temporales vinculados a los sistemas hidrológicos reales.

Bibliografía

Alfredsen J. *An object oriented framework for application development and integration in hydroinformatics*. Dr. Eng. Thesis, Norwegian University of Science and Technology, 1998

Appleton B.
Patterns and Software: Essential Concepts and Terminology.
Página Web: www.enteract.com/~bradapp/, 2000

Beven, K., *Rainfall-Runoff Modelling*. Wiley, 2000

Blind M., Adrichem B. *Generic Framework Water: An open modelling system for efficient model linking in integrated water management - current status* Paper presented at the 4th International Eurosim 2001 congress "Shaping Future with Simulation".

Booch G., Jacobson I., Rumbaugh J. *The Unified Modeling Language* Addison-Wesley Publications, 1998

Buschmann, F.; Meunier, R.; Rohnert, H.; Sommerlad, P. and Stal, M. *Pattern-Oriented Software Architecture: A system of patterns*. New York: John Wiley & Sons, 1996.

Fowler, M. *Analysis patterns: reusable object models*. Menlo Park: Addison Wesley Longman, 1997

Fowler, M. Patterns for things that change with time. Fowler Web Page, 2001

Gamma, E. H *Design Patterns. Elements of Reusable OO Software* Addison-Wesley, 1997

Gordillo, S. Tesis de Magister en Ingeniería de Software, UNLP. *Modelización de campos continuos en Sistemas de Información Geográfica*, 1998

Günther, O. *Environmental Information Systems*. Springer-Verlag, Berlín, Germany, 1998

Lisboa J., Iochpe C., Beard K. *Applying Analysis Patterns in the GIS Domain* Presented at the 10th Colloquium of the Spatial Information Research Centre, University of Otago, New Zealand, 16-19 November, 1998

Lisboa J., Iochpe C *Specifying Analysis Patterns for Geographic Databases on the basis of a conceptual framework.*, 2000

Monroe R., Kompanek D., Melton R. and Garlan D. *Stylized Architecture, Design Patterns, and Objects*, 1996

Souza C. *A framework for cooperating diagrams editor based in anotation*. Unicamp 1998. Master Thesis.

Urciuolo A., Iturraspe R. *Microarquitecturas de Diseño OO para Modelos hidrológicos*. Jornadas Universitarias de Informática, Congreso del Nuevo Cuyo, Octubre de 2001, San Juan.