

Una estrategia de gestión para la alerta temprana ante peligro de inundaciones debido a intensas lluvias

■ INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso vital para la vida. El uso del agua aumentó a un ritmo dos veces más veloz que el aumento de la población durante el pasado siglo veinte pero las estadísticas son deplorables, hoy en África del Norte, Medio Oriente y el Sur de Asia se aprecia escasez crónica de agua, cuatro de cada diez personas en el mundo viven en áreas con problemas de falta de agua, se detecta además que en la medida que crecen las ciudades se multiplican hasta por seis las necesidades de agua, ya es seria la estimación que para el año 2025 aproximadamente 5500 millones de personas enfrentarán problemas de escasez de agua en sus respectivos países.

Pero el agua también causa serias afectaciones para la vida y para los recursos materiales. Las intensas lluvias que provocan inundaciones, desprendimientos y arrastre de suelo afectan todos los continentes. Estadísticas globales indican que en un lapso de 11 años ocurrieron en el mundo 982 grandes inundaciones, donde la zona mas afectada fue Asia con el 44% de los eventos, seguida por América con un 27%. Esto implicó la muerte de más de 225 mil personas en Asia y más de 7 mil en América. A esto se le suma la pérdida de bienes por más de 135 mil y 24 mil millones de dólares respectivamente en Asia y América.

Una inundación es un fenómeno natural potencialmente destructivo, caracterizado por una frecuencia de ocurrencia, que afecta a una localidad específica dentro de un período de tiempo.

El cambio climático, el cambio en el uso de los suelos (urbanización, deforestación,...), los cambios en la topografía terrestre, la falta de mantenimiento en las redes de

Resumen / Abstract

Se presenta un sistema de toma de decisiones en una cuenca para prevenir inundaciones ante lluvias intensas, que integra la adquisición y procesamiento de información con la simulación del proceso en tiempo real. Está compuesto por un sistema de información geográfico personalizado que se actualiza sistemáticamente, modelos calibrados de simulación, sensores de detección de variables hidráulicas presentes en el proceso y un sistema de adquisición y procesamiento de datos unidos en una Plataforma Modular Integrada (PMI). Estas herramientas matemáticas, electrónicas e informáticas interactúan de manera integrada permitiendo el intercambio y la actualización de la información, además de posibilitar una adecuada toma de decisiones en la fase de alerta temprana para la prevención de inundaciones debidas a lluvias intensas.

Palabras Clave: gestión de recursos hidráulicos, prevención de inundaciones, operación de sistemas hidráulicos, modelación matemática de recursos hidráulicos.

A decision making system for a basin is presented to prevent flooding caused by intense rainfalls; it integrates acquisition and processing of information as well as real time simulation process. It is composed by a specific geographic information system which is automatically updated, calibrated simulation models, detection sensors for hydraulic variables existing in the process and a data acquisition and processing system all together united in an Integrated Modular Platform (IMP). These mathematical, electronic and informatics tools interact under an integrated manner allowing exchange and updating of information, they also facilitate an adequate decision making to be applied in the early alert phase to prevent flooding due to intense rainfalls.

Keywords: hydraulics resources management, flooding prevention, hydraulics systems operation, mathematical modeling for hydraulic resources.

drenaje, los cauces y llanuras de inundación de los ríos mas la modificación de estas ultimas debidas a la acción del hombre, los cambios en las mareas, el fondo marino y la naturaleza de la línea de costa son algunas de las causas que ayudan a agudizar el efecto de las inundaciones.

Muchos países hoy invierten recursos humanos y materiales con vista a estudiar los fenómenos que están asociados a las inundaciones y desarrollar métodos, técnicas e instrumental que ayuden a la preservación de las vidas y los recursos ante estos eventos.

Sistemas de detección empleando radares, satélites y otras tecnologías modernas se perfeccionan día a día buscando soluciones factibles para el alerta temprana en caso de inundaciones producidas por grandes lluvias.

El desarrollo de equipos cada vez más robustos, versátiles y portátiles con alta escala de integración, unido al incremento significativo de las prestaciones y velocidades de cálculo de las PC, han permitido la generación de múltiples y nuevas soluciones en cada una de las áreas de la producción y los servicios.

Paralelo a este desarrollo, han ido surgiendo y perfeccionándose múltiples métodos y herramientas informáticas para la modelación matemática y representación de la información tanto temporal como espacial. Dentro de las soluciones y herramientas más reconocidas en el campo de la Hidráulica para la modelación matemática de los procesos hidrológicos e hidráulicos que abarca el estudio de las inundaciones debidas a grandes lluvias están los desarrollados por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos de América que permiten visualizar los resultados sobre el Sistema de Información geográfico desarrollado por la compañía Ezri (ArcView y ArcGis).

En los últimos años numerosas compañías de desarrollo de productos para la automatización industrial han colocado en el mercado aplicaciones Sistema de Control, Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA) para el monitoreo y control en tiempo real de procesos y servicios con vistas a lograr el seguimiento continuo de las operaciones y tomar las medidas que garanticen el correcto funcionamiento de las instalaciones.

No obstante, hasta el presente no se reportan soluciones que consideren la gestión de los sistemas de recursos hidráulicos como la articulación armónica de la información que aportan los modelos, con la de tiempo real y espacial en aras de lograr parámetros óptimos en la operación, conducción, tratamiento y distribución del recurso agua.

En el artículo DMS - The integration solution for GIS/SCADA/OMS, publicado en el sitio www.GISdevelopment.net el autor Roger Langsdon realiza un estudio sobre las princi-

pales tendencias existentes en el mercado de los sistemas de gestión de la distribución, basado en la aplicación de las tecnologías de la modelación sobre GIS y los sistemas SCADA, y las decisiones que en esta materia han adoptado las empresas de servicios, analizando más concretamente las empresas de servicios de electricidad, pero con total extrapolación a las empresas de servicios de distribución de agua.

En sus inicios, la tecnología de los Sistemas de Gestión de la Distribución (DMS) se consideraba sólo un ejercicio dirigido a integrar las tecnologías GIS y SCADA. Desde entonces, la situación se ha complicado más; no obstante, la necesidad de consolidar los datos espaciales y los de tiempo real continúa siendo un elemento central. Por consiguiente; las primeras soluciones de esta dificultad centraron su atención en dos opciones importantes: construir el DMS dentro del sistema SCADA o construir el DMS dentro del sistema GIS.

A principios de los años noventa, la migración de datos de un GIS a un sistema SCADA de tiempo real se logró y realizó en proyectos aislados. Sin embargo, este método tendía a obligar al sistema SCADA a apartarse de las características de su diseño original. En esencia, los sistemas SCADA se diseñan con una base de datos de dimensiones preestablecidas, un procesamiento de eventos de datos de alta velocidad, una alta confiabilidad y una funcionalidad gráfica más bien sencilla. Los volúmenes de datos inherentes a los sistemas GIS eran mucho más grandes que los de los sistemas típicos SCADA, y los requerimientos para visualizar los datos espaciales eran muy diferentes a los de los diagramas más bien sencillos de una sola línea que los sistemas SCADA mostraban, según su diseño. Por consiguiente, se necesitaron soluciones de compromiso para lograr esta arquitectura, e incluso hoy día, los sistemas SCADA se esfuerzan por visualizar los datos geográficos en un entorno potente y de rápida respuesta.

Por otra parte, la aplicación inicial de los sistemas GIS se centró en digitalizar los datos de una organización y proporcionar una base de datos integral para sus activos. Con la digitalización en computadora de mapas e información de los activos, se redujeron los esfuerzos de mantenimiento y disminuyeron los tiempos de respuesta a las solicitudes de información.

Con la información digitalizada, se posibilita el análisis de estos datos y es así que aparecen y se desarrollan una gran variedad de herramientas de análisis. Sin embargo, a lo largo de este desarrollo, los sistemas GIS nunca se diseñaron o usaron como herramientas operacionales de tiempo real. Las plataformas GIS raramente se desarrollaron de forma tal que garantizaran un funcionamiento ininterrumpido y libre de fallas las 24 ho-

ras y los 7 días de la semana. Las adecuaciones que se requirieron para manipular de manera efectiva los datos dinámicos de tiempo real fueron difíciles de lograr en una plataforma que nunca fue concebida para cumplir con tan altos niveles de desempeño.

Por tanto, la conclusión lógica sería integrar los datos de SCADA con los de GIS en una plataforma que sustente los datos espaciales y los de tiempo real, al tiempo que propicie la satisfacción de los requerimientos de rendimiento. Esta plataforma modular también serviría de base para la integración de otros datos y tecnologías afines.

Este método constituye la tendencia actual de las tecnologías DMS y garantiza la satisfacción de las demandas actuales y el acomodo confiable de las necesidades futuras mediante la creación de nuevos módulos e interfaces con la plataforma existente DMS de arquitectura abierta.

No obstante el desarrollo alcanzado se hace necesario seguir profundizando en el conocimiento de los fenómenos abordados y actualizar las tecnologías empleadas con los nuevos adelantos de la informática, la electrónica y las comunicaciones aplicadas a este campo de la ingeniería.

■ DESARROLLO

El estudio de las inundaciones tiene tres diferentes enfoques:

- * El hidrológico-hidráulico donde se obtiene los resultados a partir de modelo de elevaciones, de los modelos lluvia-escurrimiento-transformación de avenidas en los cauces-formación de áreas de inundación y del registro histórico de antiguas inundaciones.

- * El geomorfológico a partir del análisis del terreno y el sistema fluvial con información de los registros históricos de antiguas inundaciones y detallada información topográfica.

- * El combinado entre el hidrológico-hidráulico más el geomorfológico.

El objetivo del trabajo que aquí se presenta es proporcionar un sistema interactivo para la alerta temprana ante los efectos perjudiciales que para la vida y los recursos ocasionan las inundaciones que provocan las lluvias torrenciales a partir de un enfoque hidrológico-hidráulico.

Para cumplimentar este objetivo el sistema proporciona la información en tiempo real y diferido, con diferentes frecuencias de acceso al dato suministrado, necesaria para la toma de decisiones ante la ocurrencia de fuertes lluvias que pueden provocar inundaciones en una región. Con esta información es posible pronosticar las lluvias que ocurrirán y a partir de ese dato brindar el pronóstico

de los caudales que se producirán en una cuenca al paso de una tormenta y la determinación del movimiento de los volúmenes de agua por los cauces, con el fin de prever áreas de inundaciones como función de la variable tiempo y de esta forma pronosticar las estrategias de evacuación necesarias y prevenir pérdidas humanas y materiales.

La solución técnica se basa en la integración armónica de los cuatro elementos que integran el sistema de trabajo:

1. el sistema de información geográfica personalizado para la región de estudio,
2. los modelos matemáticos del proceso que se está operando y los correspondientes modelos de optimización de las variables de sistema que se trabaja,
3. los sensores para las variables que generan la base de datos del sistema y los registradores de información y transmisores de datos necesarios para la adquisición de la información en tiempo real y en tiempo diferida, y
4. el procesamiento en tiempo real de toda la información empleando una base de datos única para el almacenamiento e intercambio.

La solución técnica viene dada también por las variables que se miden y la frecuencia de la medición:

- a) la intensidad de la lluvia cada 15 minutos en tiempo real en pluviógrafos que caractericen la lluvia de cada una de las subcuencas que componen la cuenca de trabajo,
- b) los niveles cada 15 minutos en tiempo real en el cauce principal en puntos que caractericen la unión con los afluentes principales y a lo largo del recorrido de los afluentes principales en secciones donde el caudal represente aproximadamente el 33 por ciento y el 66 por ciento del caudal que aporta el afluente,
- c) los niveles en las secciones hidrométricas de interés de la red de drenaje cada 15 minutos en tiempo real,
- d) los niveles en zonas de gran vulnerabilidad a las inundaciones cada 30 minutos en tiempo real,
- e) los niveles en los embalses cada 30 minutos en tiempo real,
- f) las variables de operación de las compuertas y válvulas de regulación y control del sistema, las obras de toma de los embalses y los agregados de las estaciones de bombeo dedicadas al drenaje, cada 5 minutos en tiempo real,
- g) la intensidad y la lámina de la lluvia, en puntos adicionales para el completamiento del dato hidrológico, en tiempo diferido que se recolecta una vez que se restablezca la normalidad después de cada evento máximo o sistemáticamente cada un intervalo de días prefijado.

Una característica de la nueva solución está dada por la interacción armónica entre los elementos del sistema que describen y simulan él o los procesos, los que informan sobre su estado en cada momento y los que toman las decisiones para la operación. Característica de la

solución lo es también la gestión de las diferentes bases de datos a través de la creación de ficheros de intercambios comunes, la forma de la interacción con el usuario para suministrar la información del estado del proceso y favorecer la toma de decisiones de acuerdo a las restricciones preimpuestas por el usuario o debido a interrupciones del servicio, en consulta con los modelos de simulación y optimización del proceso.

La solución está caracterizada además, por la autonomía de los elementos que la componen y por la flexibilidad de las aplicaciones en que puede emplearse lo cual la convierte en una herramienta universal, multifacética y poderosa para el control de procesos en la gestión y aprovechamiento de los recursos hidráulicos de una región que permitan mitigar los efectos de la sequía operacional, minimizar el consumo energético en el traslado del agua desde la o las fuentes a los usuarios y en caso de tormentas tomar las decisiones más acertadas, basadas en la información histórica y la recibida con inmediatez, para reducir los riesgos de pérdidas de vidas humanas y recursos materiales ante la presencia de lluvias intensas que originen inundaciones.

En la concepción de la PMI propuesta, se adoptó un esquema flexible de adquisición y monitoreo de la información que implicó el estudio y análisis de cada una de las variables de interés de la automatización, su clasificación y agrupamiento según sus características temporales y relevancia.

El aspecto fundamental de esta clasificación lo constituye la variabilidad en el comportamiento dinámico de cada una de las variables de interés, apreciándose la importancia y conveniencia de asignarles frecuencias propias a grupos de variables en función de su rapidez de cambio, en aras de preservar la estabilidad del ancho de banda, al mismo tiempo de cumplir con las exigencias de tiempo real que impone la operación.

El empleo de equipos registradores en las localizaciones de campo donde las especificidades de la operación del sistema lo permitieran, constituyó una estrategia de la propuesta de solución.

De esta forma quedan planteados los requerimientos impuestos en la fase de análisis y diseño de la solución: La integración armónica e incremental de la información de tiempo real con diferentes frecuencias de muestreo y de información de tiempo diferido en un banco único de datos que permita el análisis tanto global del sistema, como de cualquier aspectos particular de interés. Los aspectos señalados en este apartado indican como tópicos relevantes del estudio previo realizado:

- Ventajas y necesidad de emplear un método flexible en términos de utilización de diferentes frecuencias de

muestreo cuando se aborda la implementación de soluciones automatizadas para los sistemas de operación de los recursos hídricos de gran escala.

- Importancia y necesidad de realizar un estudio y análisis previo de la información que se dispone para identificar la variabilidad o el comportamiento dinámico de cada una de las variables involucradas para decidir sobre su agrupamiento en función de la frecuencia de muestreo a utilizar.

- Aplicación e integración de los conceptos de adquisición de información en tiempo real y tiempo diferido, en correspondencia con la estrategia de diseño de la automatización adoptada.

- Concepción de la base de datos del sistema que permita un tratamiento uniforme de toda la información almacenada, independientemente del tipo de esquema de recolección utilizado.

■ APLICACIÓN: PREVENCIÓN DE INUNDACIONES

La alerta temprana y la toma e implementación de las decisiones para la evacuación de personas y bienes ante una tormenta en una de las tareas de la Defensa Civil cubana. En esta tarea, de reconocido prestigio por sus magníficos resultados, intervienen un gran número de organismos e instituciones cubanas en perfecta coordinación.

La implementación del Sistema y la aplicación de la Plataforma Modular Integrada que une los cuatro elementos constitutivos de la misma: Sistema de Información Geográfica, Modelos de simulación hidrológica e hidráulica, adquisición, transmisión, procesamiento y almacenamiento del dato y Gestor de la base de datos, es un proceso complejo.

En la alerta temprana hay dos instituciones que tienen un papel principal en la implementación de la PMI. Estas son: el Instituto de Meteorología (IM) y el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH).

En el primer caso esta institución tiene la red de radares meteorológicos que dar cobertura a todo el país, mas otros equipos especializados, modelos de pronóstico y personal altamente capacitado para brindar la información necesaria mucho antes que un tormenta toque tierras cubanas.

Por su parte el INRH tiene bajo su responsabilidad la red de pluviógrafos, pluviómetros y limnímetros necesarios para la observación de la lluvia y los niveles. Tiene además el control de las cuencas hidrográficas en que se divide el territorio nacional y el personal altamente calificado para operar la PMI ante eventos producidos por grandes lluvias.

Los planos del pronóstico de inundaciones sobre SIG como resultados de los estudios aportados por la PMI se integran

a los trabajos realizados por la institución nacional GeoCuba la cual ha desarrollado un SIG conteniendo todos los puntos vulnerables del territorio nacional y por tanto, de esta forma se tiene la herramienta necesaria para la toma de decisiones.

Una secuencia de trabajos aparece a continuación.

1. Se pronostica una tormenta que afectará una cuenca hidrográfica cubana. En el pronóstico se da la lámina máxima de lluvia e intensidad asociada a la tormenta así como la duración de la misma.

2. Se activa su grupo de la PMI que trabaja en la cuenca que tendrá afectaciones por el paso de la tormenta y a partir del dato recibido y de la tendencia histórica que presenta el hietograma y la lamina acumulada como función del tiempo para eventos extremos máximos, se pronostica a su vez la distribución temporal de la lámina acumulada en el tiempo por subcuenca, sus hietogramas y se calculan los hidrogramas correspondientes a cada subcuenca teniendo para esto la previsión de desplazar en tiempo los hietogramas y por consiguientes los hidrogramas resultantes. Una vez realizado lo anterior se realiza el tránsito hidráulico por los cauces, se suman los aportes de cada afluente en los puntos de confluencia y se definen las áreas de inundación y los tiempos asociados a las mismas a partir de establecer la descarga al mar de la cuenca, teniendo en cuenta la afectación por el cambio del nivel del mar producto de la propia tormenta.

El paso 2 puede sustituirse o complementarse a partir de confrontar la base de datos de las áreas de inundación provocadas por otras tormentas semejantes a la que se avecina que se tengan registradas en la cuenca o bien modeladas a partir de los modelos de simulación hidrológico-hidráulicos, calibrados para la cuenca en estudio y ejecutados para tormentas semejantes a la que se avecina.

3. Se integra la respuesta a la información procesada por GeoCuba y se brindan los resultados a los decisores correspondientes.

Esta primera etapa del pronóstico hidrológico-hidráulico se puede repetir tantas veces como sea necesario en función de los cambios en los partes meteorológicos que se emitan antes de que la lluvia comience a caer sobre el área de la cuenca.

Al comenzar a llover sobre el área de actuación los pluviógrafos y limnímetros que captan los cambios de la lluvia y los niveles, preferiblemente en tiempo real, comienzan a emitir información hacia el puesto central donde se opera la PMI de la cuenca. Esta información comienza a almacenarse y a contrastarse con el último pronóstico hidrológico-hidráulico emitido hasta que se notan diferencias notables, bien por exceso o bien por defecto y se decide realizar un nuevo pronóstico.

4. Se realiza un nuevo pronóstico hidrológico-hidráulico a partir de la lluvia real caída en cada subcuenca, el pronóstico de la lámina máxima de lluvia e intensidad asociada a la tormenta así como la duración de la misma y de la tendencia histórica que presenta el hietograma y la lamina acumulada como función del tiempo para eventos extremos máximos.

5. Una vez realizado lo anterior se realiza el tránsito hidráulico por los cauces, se suman los aportes de cada afluente en los puntos de confluencia y se definen las áreas de inundación y los tiempos asociados a las mismas a partir de establecer la descarga al mar de la cuenca, teniendo en cuenta la afectación por el cambio del nivel del mar producto de la propia tormenta.

6. Se integra la respuesta a la información procesada por GeoCuba y se brindan los resultados a los decisores correspondientes.

Este ciclo del punto 4 al 6 se repite tantas veces como discrepancias no admisibles existan entre el último pronóstico y la lluvia real que está cayendo.

Una vez concluida la tormenta la base de datos almacenada pasará a engrosar las BDHA en lo concerniente a eventos ocurridos y servirá también para recalibrar los modelos de pronóstico hidrológico-hidráulico.

La PMI emplea una base de datos integrada espacial y temporalmente. La misma está compuesta por dos componentes: la base de datos histórica (BDH) y la base de datos histórica actualizada (BDHA).

La primera es la base de datos recopilada por diversos medios hasta el momento de puesta en operación del sistema. Con ella se calibraron los modelos de simulación y a partir de ella se tomaron las primeras decisiones operativas del Sistema.

La segunda es una base que se conforma a lo largo de la vida de la PMI, adicionando a la BDH la información en tiempo real y diferido que se obtiene proveniente de la instrumentación, los análisis de laboratorio, el geoprocesamiento de la información satelital, suministradas por radares y otros medios de adquisición.

La base de datos histórica (BDH) está compuesta por: relieve, suelos, uso de suelos, hidrografía, geología, hidrogeología, embalses y sus obras de entrega y evacuación, red principal de drenaje y sus obras hidráulicas asociadas, otras obras hidráulicas, viales y civiles existentes, condiciones de contorno, ubicación de puntos vulnerables a las inundaciones, ciénagas y lagunas, registros históricos de lluvia máximas, registros históricos de extracción en cada embalse, capacidad de la obra de toma de cada embalse y curva de capacidad de servicio, del, o de los aliviaderos de cada embalse y niveles del manto freático.

La base de datos histórica actualizada (BDHA) está compuesta a su vez por: intensidad y lamina de lluvia, uso de suelos, cambios en el trazado o las secciones transversales de los tramos del río o de los canales de la red de drenaje y sus obras hidráulicas asociadas, obras hidráulicas, viales y civiles, condiciones de contorno, lluvias, niveles del manto freático.

Por embalse: nivel del embalse, gasto evacuado, variables eléctricas, alarmas.

En la red hidrográfica y de drenaje principal: gasto, niveles en las conducciones libres, niveles en las obras hidrométricas de regulación y control, posición de válvulas y compuertas, alarmas.

Niveles en puntos vulnerables a las inundaciones, ciénagas y lagunas.

El flujo de información en la Plataforma para el caso presentado se observa en la figura 1, en ella las abreviaturas significan lo siguiente:

SIG: Sistema de Información Geográfico

SCADA: Sistema de Adquisición y Control

RDE/SE: Reglas de Evacuación de la región y Sistema de Expertos específico para la aplicación.

STR: Supervisor de tiempo real

Info. 1: Datos puntuales, tablas y gráficos de: niveles en embalses y puntos de la red de drenaje, niveles del manto freático, calidad del agua, gasto y variables eléctricas de cada bomba y de cada accionamiento eléctrico para válvulas y compuertas, lluvias, escurrimiento, alarmas del sistema.

Info. 2: Mapas, tablas y gráficos de: niveles de los embalses y puntos de la red de drenaje, volúmenes extraídos y almacenados, información de cada embalse y de sus obras asociadas, información actualizada y pronosticada respecto al tránsito de las ondas de crecidas en la red de evacuación y las áreas inundadas, datos geográficos, lluvia, escurrimiento, niveles del manto freático.

CONCLUSIONES

El Sistema presentado se ha aplicado y se aplica a varios casos de estudio en Cuba obteniéndose resultados altamente satisfactorios entre los que deben resaltarse: la posibilidad de personalizar cada solución de acuerdo a las exigencias del problema y a las posibilidades inversio- nista del financista; la fortaleza que genera la posibilidad simultánea del uso de variables obtenidas en tiempo real y las variables obtenidas en tiempo diferido y su integración en una sola base de datos común espacio-temporal

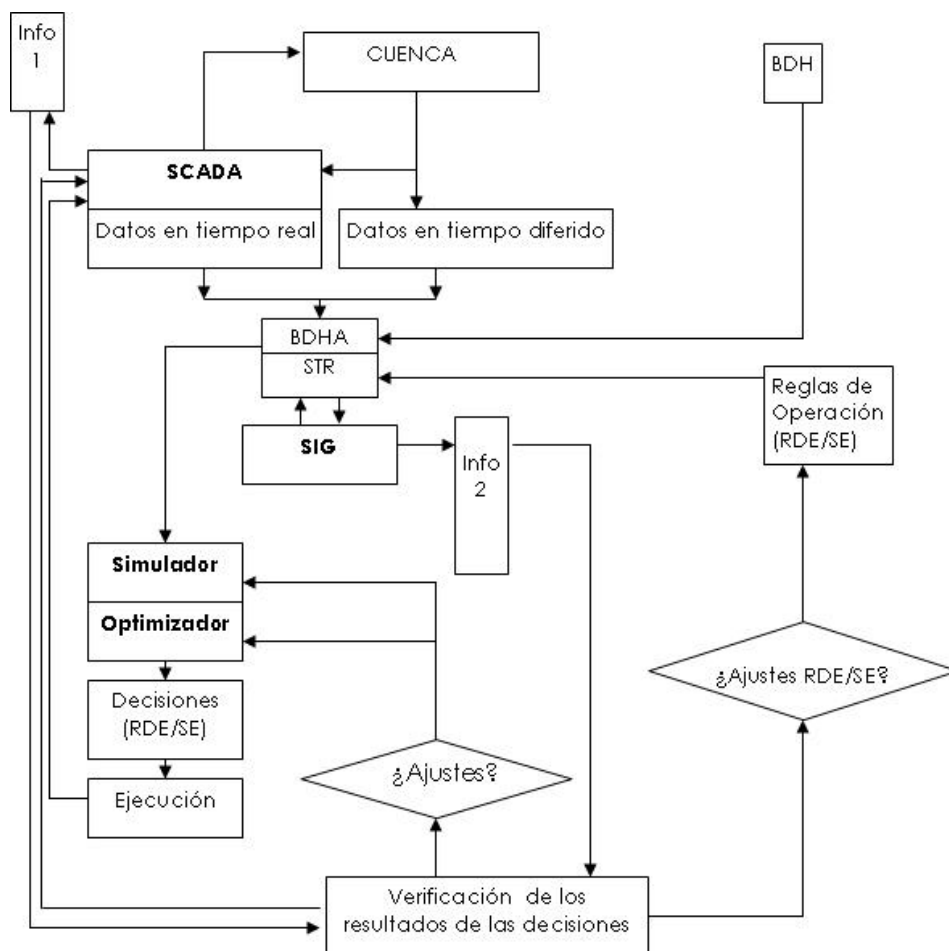


Fig. 1 Flujo de información para el caso de prevención de inundaciones.

y la gran flexibilidad que da el poder, después del análisis riguroso de la solución, poder implementarla de forma escalonada, sin necesidad de tener que contar con toda la inversión terminada para obtener los primeros resultados, dado su enfoque modular.

■ REFERENCIAS

- [1] ESRI (2001). «What is a GIS?». http://www.esri.com/library/gis/abtgis/what_gis.html
- [2] ESRI (2001). Dictionary of GIS Terminology. ESRI Press, Redlands, California.
- [3] Haime, A.L. (1998). «Practical Guide to SCADA Communications.» SCADA at the Crossroads Conference Workshop, The Institution of Engineers Australia, Perth, Western Australia.
- [4] León Méndez, A.; Gómez Crespo, M. «Una estrategia de gestión para combatir la sequía operacional y prevenir inundaciones». 7ma Conferencia Iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informática: CISCI, Florida, 2008.
- [5] León Méndez, A.; Gómez Crespo, M.; Martínez Rodríguez, J.B.; Jorge Pedreira, M.; Sacasas León, C.; Ramírez Beltrán, J.; Martínez González, Y.; Rodríguez López, Y.; Garrido Monagas, M. «Plataforma Modular Integrada para el pronóstico de inundaciones». 14 CCIA, La Habana, 2008.
- [6] Rodríguez López, Y.; Marrero de León N.; León Méndez, A. «Consideraciones prácticas sobre las curvas IFD». XXIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Cartagena de Indias, Colombia, septiembre 2008.
- [7] Ruiz Sinoga, José D. «Evaluación de la amenaza por inundación». Dpto. de Geografía, Universidad de Málaga, España, 2006.
- [8] Shamsi, U.M. (2001). «GIS and Modeling Integration». CE News, 13(6).
- [9] Walski, T.M. y otros (2003). Advanced Water Distribution Modeling and Management. Haestad Methods, Waterbury, CT USA.
- [10] (2006): «Reporte de ONU en vísperas del VI Forum Mundial del Agua», México.

Septiembre de 2010