

# Sistema de información para la generación de soluciones técnicas personalizadas para la construcción de vivienda de interés social

Recibido 28 de septiembre de 2006, aprobado 20 de abril de 2007.

## **Claudia Jiménez G.**

Ingeniera de Sistemas y Computación, Docteur en Informatique del INP, Grenoble, Francia. Profesora Asociada, Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad de los Andes. Bogotá D.C., Colombia.

cjimenez@uniandes.edu.co

## **Rafael García G.**

Ingeniero de Sistemas y Computación, Maestría en Matemáticas. Profesor de cátedra, Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad de los Andes. Director del Departamento Académico de Sistemas en el Politécnico Grancolombiano. Bogotá D.C., Colombia.

rgarcia@uniandes.edu.co

## **Germán Bravo C.**

Ingeniero de Sistemas y Computación. DEA del INP de Toulouse, Francia. Profesor Asociado, Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad de los Andes. Bogotá D.C., Colombia.

gbravo@uniandes.edu.co

## **Sergio Moreno P.**

Ingeniero de Sistemas y Computación. Estudiante de maestría de Ingeniería de Sistemas y Computación y estudiante de Matemáticas, Universidad de los Andes. Bogotá D.C., Colombia.

serg-mor@uniandes.edu.co

**RESUMEN** Este artículo presenta los resultados de la construcción de una solución de informática y arquitectura en el desarrollo de un catálogo arquitectónico sistematizado, CatArSis, para construcción de vivienda de interés social. Las alternativas propuestas aseguran calidad arquitectónica, satisfacción de requerimientos legales de construcción y condiciones técnicas apropiadas. Se escogió SVG (Scalable Vector Graphics) como representación básica para la información arquitectónica, con el fin de generar la documentación personalizada necesaria para el trámite de las respectivas licencias de construcción y la obtención de los subsidios del estado.

## **PALABRAS CLAVE**

Modelos arquitectónicos, personalización de documentos SVG, construcción en sitio propio.

---

## A Systematized Catalog of Customized Home Solutions for Low Income Population

**ABSTRACT** This paper presents the results of the construction of a computing and architectural information system for a building solution catalog, CatArSis. The project's objective is the development of a systematized catalog of home solutions for low income population, assuring architectural quality, legal issues and appropriate technical conditions. We choose SVG (Scalable Vector Graphics) as the basic representation for architectural information, in order to generate customized documentation appropriate to demand building licenses and apply to government subsidies.

### KEYWORDS

Architectural models, Customizing SVG documents, own land building, in-fill own land building (housing).

## INTRODUCCIÓN

Este artículo presenta los resultados obtenidos en la integración de información arquitectónica en una solución sistematizada a la construcción de vivienda de interés social, con calidad arquitectónica, satisfacción de requerimientos legales de licenciamiento y condiciones técnicas adecuadas.

Es un trabajo conjunto entre los grupos de investigación “Gestión y Diseño de Vivienda”, de la Facultad de Arquitectura, y “Comit – Comunicaciones y Tecnología de Información”, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, para la Caja de Vivienda Popular (CVP), entidad de Bogotá encargada del fomento a la construcción legal de vivienda para el sector de bajos recursos económicos de la ciudad. El resultado es un sistema de información que provee soluciones arquitectónicas personalizadas y de calidad en el marco de los programas de desarrollo de vivienda de interés social para la ciudad. Se busca que dichas construcciones cumplan las normas urbanísticas y especificaciones técnicas, que disminuyan los riesgos de la construcción informal y que obtengan las licencias de construcción dentro del marco legal. Los beneficiarios del proyecto son los sectores de población vulnerable que tienen un lote de terreno para construir su vivienda, pero que no cuentan necesariamente con los recursos financieros para costear los estudios técnicos de arquitectura e ingeniería.

Para resolver este problema se diseñó un conjunto de modelos arquitectónicos estándar y una herramienta de software que permite su gestión en gran escala. Los modelos arquitectónicos del catálogo son consultados de acuerdo con las condiciones específicas de un lote objetivo, el software busca y propone aquellos que son apropiados y el beneficiario selecciona aquel que mejor satisface sus necesidades. Se genera entonces la documentación técnica respectiva, que satisface los requerimientos necesarios para el trámite de

la respectiva licencia de construcción, incluyendo la personalización de planos según el lote y el beneficiario correspondientes.

Uno de los retos importantes en el proyecto es lograr la manipulación de la información arquitectónica con herramientas de licenciamiento libre o de bajo costo. Por esta razón, se utilizó en la representación de la información vectorial asociada a los planos el formato estándar SVG (Scalable Vector Graphics) [1]. SVG es un dialecto de XML, especializado en la representación de gráficas vectoriales, visualizable y manipulable desde navegadores de Internet, a los cuales es necesario únicamente instalarles el visor correspondiente.

En la segunda parte de este documento se presenta una descripción rápida de la problemática de la construcción en sitio propio. En la parte tercera se describe de forma general CatArSis, la solución arquitectónica e informática a la problemática planteada. La cuarta parte presenta el uso de SVG como tecnología para el logro de la integración, manipulación y personalización en tiempo real de documentos arquitectónicos solicitados por un potencial beneficiario. Finalmente, la quinta parte sintetiza los resultados, conclusiones y trabajo futuro.

## PROBLEMÁTICA DE LA CONSTRUCCIÓN EN SITIO PROPIO

### CONTEXTO SOCIAL: LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN SITIO PROPIO EN SECTORES VULNERABLES DE LA POBLACIÓN

Bogotá tiene 6'776.009 de habitantes [2], que corresponde al 16.4% de la población colombiana. Esta población constituye cerca de 2 millones de hogares [3] [4], de los cuales cerca del 70% corresponde a hogares de bajos recursos. Estos hogares reciben cerca del 32.8% del ingreso total de la ciudad, representado principalmente en actividades laborales<sup>1</sup>. En el pri-

<sup>1</sup> Los datos completos correspondientes al censo realizado en 2005 sobre población y vivienda en Colombia pueden ser consultados en [5].

mer trimestre de 2006 [5] se iniciaron 10.245 proyectos de construcción en la ciudad, correspondientes al 61.25% de los nuevos proyectos de todo al país. De estos proyectos nuevos, el 32.61% corresponde a construcción nueva de vivienda de interés social (VIS). Estos datos muestran la gran dinámica de la construcción en este sector socioeconómico, muy significativa en la demografía de la ciudad. El estado tiene políticas específicas de fomento de la construcción formal de vivienda para esta franja de población, mediante subsidios. Existen subsidios del gobierno nacional, departamental y municipal. Para la ciudad de Bogotá, la entidad correspondiente es la Caja de Vivienda Popular (CVP), que otorga subsidios para mejoramiento de vivienda y para construcción en sitio propio.

Dentro del esquema social presentado, el fenómeno de “construcción en sitio propio” consiste en que las familias adquieren un lote de terreno dentro de una parcelación, con el fin de construir en el futuro su vivienda. Esos lotes, por tradición en el parcelamiento urbano, tienden a ser de geometrías bastante regulares, usualmente rectangulares. La construcción en sitio propio difiere de la construcción de conjuntos urbanizados en la planificación y uniformidad de las viviendas. En el caso que nos ocupa la responsabilidad de la construcción es de cada propietario y en muchos casos se hace autoconstrucción.

#### CONTEXTO LEGAL: LAS NORMAS URBANÍSTICAS Y LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN

Debido principalmente a las limitaciones económicas, un problema de este tipo de construcción es la informalidad. Es usual que se construya por etapas, sin mayor planificación técnica de ingeniería o de arquitectura y sin tener en cuenta la norma urbanística con respecto a la altura de la vivienda, densificación y restricciones debidas a asignaciones viales, entre otras. Es usual encontrar predios donde nuevos pisos se van añadiendo a medida que pasa el tiempo, con evidentes riesgos debidos a la falta de cimentación, resistencia ante eventos sísmicos, estabilidad del te-

rreno, inundaciones, etc.. Este fenómeno se conoce como construcción de vivienda progresiva.

Las normas y usos definidos para el lote dependen de la regulación establecida para la UPZ (Unidad de Planeación Zonal) correspondiente a la ubicación del lote en la ciudad. Las licencias de construcción son aprobadas por las curadurías urbanas, que exigen la documentación completa de la vivienda que se quiere construir (planos de plantas, fachadas y servicios, presupuesto, etc.); esta documentación debe corresponder exactamente con el lote donde se quiere construir y con la información de registro de predios y tener respaldo de profesionales. Esta documentación es revisada por el personal experto de la curaduría y devuelta al interesado para correcciones tantas veces como se considere necesario. En conclusión, el estudio y trámite de las licencias de construcción es lento y costoso.

#### CONTEXTO REAL: EL PROCESO Y DÓNDE LA TECNOLOGÍA PUEDE APOYAR

De manera muy simplificada, el proceso que debe seguir una persona para poder construir su vivienda propia, de manera formal y apoyada por subsidios gubernamentales, es: el propietario contrata un profesional para que diseñe una solución de vivienda para su lote; después debe obtener la licencia de construcción en la curaduría que le corresponda; posteriormente solicita el subsidio para la construcción a la CVP; eventualmente contrata una firma constructora y finalmente procede a la construcción de su vivienda.

Este proyecto plantea la realización de un conjunto de modelos arquitectónicos documentados, que sirvan como propuesta de solución de vivienda para un conjunto relativamente grande de los lotes “candidatos” al esquema de construcción en sitio propio; estos modelos cumplen los estándares técnicos con respecto a cimentación, distribución y dimensiones de los espacios que definen la vivienda y son susceptibles de ser aprobados de manera genérica por las curadurías de la ciudad. Los modelos son almacenados y

consultados por una herramienta informática que se pone a disposición de la CVP, quien a su vez ofrece a las personas que lo requieran los modelos para que escojan el que mejor se adapte a sus necesidades y presupuesto; cuando una persona escoge uno de estos modelos para su lote se genera una versión impresa, personalizada, de toda la información técnica necesaria para el trámite de la licencia. El propietario del lote se compromete entonces con la construcción del modelo seleccionado y tiene derecho al subsidio otorgado por la CVP.

El proceso se redefine entonces así: el usuario se dirige a la CVP con la descripción de su lote; con base en la dirección se determina la norma urbanística que se debe seguir para una construcción en ese lote; con base en las dimensiones del lote y la norma urbanística, se presenta al usuario un conjunto de modelos posibles; con base en los planos de las dos primeras plantas del modelo, el usuario escoge el modelo que mejor se adapta a sus necesidades y presupuesto; la CVP ofrece entonces al usuario con una impresión completa, personalizada con el lote y propietario, de la solución constructiva escogida; el usuario tramita la licencia de construcción en la curaduría correspondiente; con la documentación obtenida, el usuario procede a solicitar el subsidio y, por último, en lo posible, contrata a una firma constructora y finalmente procede a la construcción de su vivienda.

El impacto estimado de esta solución es que puede reducir a la mitad el tiempo necesario para que una persona tenga su vivienda y a una décima parte el costo mismo del proceso.

#### **CatArSis: UNA PROPUESTA DE SOLUCIÓN ARQUITECTÓNICA Y TECNOLÓGICA**

El objetivo del proyecto es, entonces, la generación de un conjunto de modelos arquitectónicos genéricos apropiados para el fenómeno de construcción en sitio propio, así como la construcción del software que permite la gestión y consulta de dichos modelos: el Catálogo Arquitectónico Sistematizado - CatArSis. Los modelos incluidos garantizan el cumplimiento de

las normas técnicas y urbanísticas, la satisfacción del proceso de legalización y la posibilidad de optar con facilidad a los subsidios otorgados por el gobierno. A continuación se presenta el planteamiento de la solución arquitectónica y luego el de la solución informática. El componente legal es responsabilidad de la CVP y está fuera del alcance de este artículo.

#### **PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN ARQUITECTÓNICA**

Las soluciones arquitectónicas propuestas se basan en la realidad de la geometría usual de los lotes de terreno objetivo. De acuerdo con la información estadística de los lotes “candidatos” a la construcción en sitio propio (unos 30.000 en la ciudad), estos son en general rectangulares, con variaciones en el frente entre 4.7 y 6 metros y de fondo entre 10.5 y 12 metros. Para este primer ejercicio, teniendo en cuenta la capacidad financiera de la población objetivo y la tradición de construcción en Bogotá, se toma como técnica básica de construcción la basada en mampostería confinada, con bloques de ladrillo N°5, con dimensiones de 33 x 11.5 cm. y se define medio bloque como unidad de modulación. Para el desarrollo de los modelos, se tienen en cuenta los siguientes parámetros: tamaño del lote y modulación (el modelo mínimo mide 4.65 x 10.22 m. y el modelo máximo 6.01 x 11.92 m. Entre estos límites se tiene un total de 30 posibles dimensiones para los modelos a desarrollar), tipología del modelo (características básicas de la forma arquitectónica, basada en la relación entre los espacios de servicio y los espacios servidos), número de espacios sobre el frente (1, 2 ó 3), localización del lote con respecto a la manzana (esquinero o medianero), topografía del lote, uso esperado para la vivienda (unifamiliar, bifamiliar o de uso mixto), estándares espaciales con respecto a dimensiones máximas y mínimas de los espacios (baños, alcobas, cocinas, etc.).

Los siguientes factores externos también son tenidos en cuenta: Restricciones urbanísticas con respecto al aislamiento posterior, exigido en algunas zonas de la ciudad, y a la regularización de paramento; distorsiones geométricas del lote, pues muchas veces no son

perfectamente rectangulares (se acepta una distorsión de un bloque constructivo (33 cm.), en cualquiera de sus dimensiones. Esto permite proponer soluciones para lotes de hasta 6.35 x 12.26 m.); la documentación completa de un modelo está constituida por 18 documentos, que incluyen los planos en planta, cortes, fachadas, planos de cimentación, de cubiertas, eléctricos y sanitarios, además de los presupuestos generales y detallados correspondientes; toda la documentación puede imprimirse en páginas de tamaño oficio, de manera que no debe incurrirse en gastos adicionales para su obtención y reproducción.

De acuerdo con los parámetros y restricciones anteriores, aparte de las dimensiones de los modelos, se conforma un conjunto de familias de modelos con características arquitectónicas y técnicas de calidad. Todos los modelos de una misma familia tienen la misma tipología, uso esperado, topografía, espacio en frente y localización en manzana; difieren únicamente en sus dimensiones. CatArSis permite tantas tecnologías constructivas como sean necesarias, así como familias de modelos para cada tecnología. En esta etapa del proyecto se desarrollaron 7 familias, con un total de 85 modelos totalmente diseñados y documentados.

#### PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN INFORMÁTICA

La solución informática permite el almacenamiento y consulta de los modelos arquitectónicos, la generación de la documentación y lleva registro de los usuarios y modelos que han sido seleccionados, para llevar un nivel inicial de seguimiento al uso y efectividad de CatArSis.

La información a manipular son los modelos propiamente dichos, el registro de usuarios que solicitan el servicio y la información de costos de los materiales que permite tener un valor real del costo de la vivienda en todo momento. Adicionalmente, se consideraron dos aspectos fundamentales en el diseño de CatArSis: el fácil uso del sistema y el bajo costo de implementación en la CVP. La primera se logra con la escogencia de una interfaz basada en un navegador

de Internet, lo cual disminuye la curva de aprendizaje; la segunda se garantiza por el uso de herramientas estándar de software, libre de costos de licenciamiento, tanto para la construcción del software como para su funcionamiento. Es interesante anotar que CatArSis no está limitado a las tecnologías, tipologías, dimensiones y otras características técnicas mencionadas. En CatArSis se define e implementa una manera formal de descripción de los modelos arquitectónicos, de forma tal que permite aceptar nuevos modelos para cualquier dominio de aplicación arquitectónica.

#### USUARIOS DEL SISTEMA Y SUS FUNCIONES

Los usuarios de CatArSis se clasifican en tres categorías:

- Arquitectos: Generan los modelos arquitectónicos que satisfacen los parámetros y restricciones definidas anteriormente, de tal manera que dichos modelos sean fácilmente importados en CatArSis.
- Operadores en la CVP: Ingresan los datos de lote, propietario y constructor, así como de las restricciones propias al lote; realizan las consultas para encontrar los modelos apropiados para el lote ingresado; solicitan el despliegue y posible impresión de los modelos preseleccionados para el lote; solicitan la selección, despliegue e impresión de todos los documentos técnicos personalizados para el modelo escogido, dentro de los preseleccionados, de acuerdo con la preferencia del beneficiario de la CVP.
- Responsables de la gestión de CatArSis en la CVP: Realizan las operaciones de gestión administrativa, operaciones de consulta de estadísticas sobre el uso y selección de modelos, así como sobre la información de beneficiarios; actualizan los precios de los insumos asociados con la tecnología constructiva utilizada.

#### ARQUITECTURA DE SOFTWARE PARA CatArSis

La Figura 1 muestra la arquitectura de CatArSis. A continuación se hace una descripción rápida de los todos los componentes de software correspondientes. Los componentes que se apoyan en tecnología vectorial SVG se explican en mayor detalle en la sección siguiente.

## DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES DE GESTIÓN

El componente de administración de modelos arquitectónicos se encarga de administrar la base de datos de información arquitectónica, que representa el universo de soluciones propuestas, a partir de las características descritas anteriormente. Este componente es el responsable del manejo de los parámetros de definición de modelos de manera genérica, así como de su internalización considerando las posibles tecnologías constructivas definidas. Para poblar esta base de datos, hay lineamientos en la forma de nombrar y desarrollar los modelos que deben ser seguidas por el grupo de arquitectos cuando se diseñan los modelos, de forma que CatArSis pueda posteriormente reconocerlos e incluirlos en el universo de modelos. La base de datos contiene referencias a un repositorio que contiene todos los archivos correspondientes a la documentación completa de los modelos genéricos. Dicho repositorio tiende a ser bastante voluminoso.

El componente de gestión de beneficiarios se encarga de administrar la información de los beneficiarios de la CVP. Esta base de datos lleva el registro de los beneficiarios, lotes, modelos propuestos, modelos seleccionados, fecha de todas las operaciones y subsidios ofrecidos. Con esta información la CPV puede hacer seguimiento y monitoreo al uso y efectividad de CatArSis, modelos preferidos, geometría usual de los lotes, etc.

El componente de gestión de presupuestos se encarga de administrar toda la información relativa a ma-

teriales, cantidades de obra y costos, para garantizar el recálculo actualizado del presupuesto de cada proyecto constructivo a partir de un modelo. La información manejada es: para cada tecnología, materiales necesarios y su costo unitario; para un modelo determinado, cantidades requeridas de dichos materiales. Este componente tiene dos operaciones principales: la generación de la documentación estándar de presupuesto para cualquier modelo y la administración de la base de datos de costos unitarios.

## AMBIENTE DE DESARROLLO

CatArSis está desarrollado en plataforma Windows para ser visualizado desde un navegador. Es una aplicación diseñada en una arquitectura de software multicapas, aunque su primera versión funciona de manera *standalone*. Está desarrollado en Java 1.5, utiliza SVG [1] como esquema de representación de la información vectorial, Batik [6] para el manejo y personalización de la documentación arquitectónica y Postgres [7] como sistema de manejo de bases de datos.

## MANEJO DE INFORMACIÓN VECTORIAL EN CatArSis

La mayor utilidad de CatArSis está centrada en la generación de la documentación necesaria para la obtención de una licencia de construcción y el subsidio gubernamental correspondiente.

Aunque los modelos manejados son genéricos, la principal característica de la documentación produ-

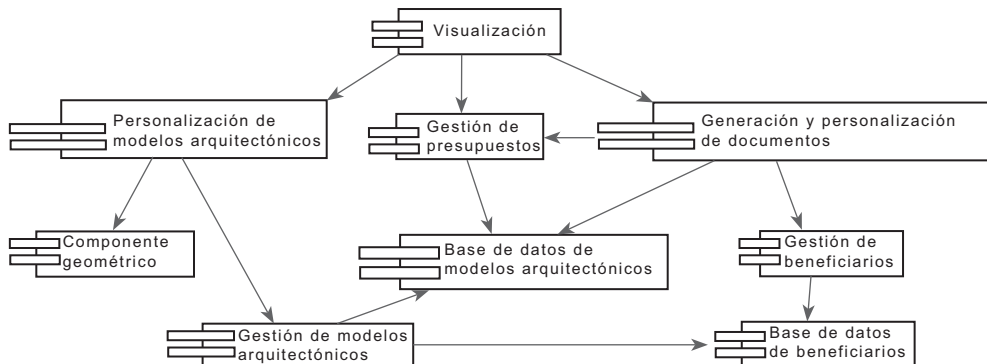


Figura 1. Diagrama de arquitectura de software.



cida es que debe corresponder exactamente a la realidad con respecto al lote, su dirección, localización en la manzana, forma y dimensiones y también los datos del propietario: el rótulo de cada documento generado debe incluir información particular al predio y beneficiario; en los planos se debe incluir el modelo ubicado dentro del lote, se deben etiquetar las calles adyacentes, deben estar acotados el lote y el plano, las dimensiones de los eventuales espacios entre el lote y el modelo deben ser calculadas e incluidas, y las áreas del lote no construidas deben quedar hachuradas.

La información de personalización descrita anteriormente sólo se conoce cuando una persona se dirige a la CVP en busca de una solución de vivienda para su lote. Es necesaria, entonces, la manipulación automática de los documentos asociados a los modelos incluidos y a los planos arquitectónicos.

En vista de los requerimientos de cálculo y manipulación sobre la información arquitectónica referente a

los planos, se escogió utilizar como formato de representación SVG [1], formato estándar de imágenes vectoriales, para toda la documentación de los modelos manejados por CatArSis. Esta decisión permite la independencia de CatArSis con respecto a herramientas y formatos comerciales, facilita el uso del sistema al ser fácilmente integrado con un navegador de Internet y posibilita la edición de los modelos arquitectónicos por parte del software para lograr la satisfacción de los requerimientos legales en la documentación. Para la generación de los modelos los arquitectos tienen total libertad en la selección de las herramientas que tienen y conocen. Para este proyecto en particular, los modelos fueron inicialmente diseñados en AutoCad® y luego fueron traducidos a SVG.

La Figura 2 muestra un ejemplo de la visualización de un plano de una primera planta de un modelo, con toda la personalización exigida: la deformación del lote y cómo el modelo está correctamente localizado

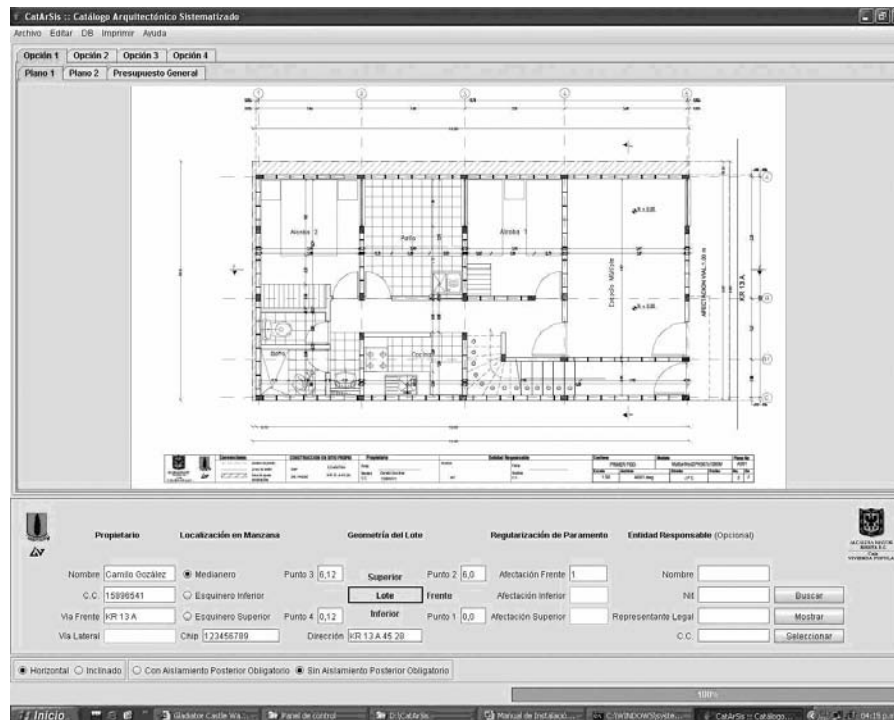


Figura 2. Plano personalizado de primera planta.



dentro de él, la inclusión de la dirección en el plano (KR 13 A, a la derecha), las cotas del lote y sus diferencias con las del modelo (a la izquierda y en la parte superior). El rótulo tiene toda la información del propietario y del lote.

La estrategia fundamental para lograr estos resultados fue la definición temprana de un formato de rótulo y de la distribución de cada uno de los elementos que se quiere mostrar, teniendo en cuenta la restricción de impresión en hojas de tamaño oficio. La orientación del modelo se define colocando siempre el frente del modelo hacia la derecha de la hoja de papel.

Se define una plantilla de generación de los planos, en la cual se establecen los espacios en los cuales debe ser ubicada la información: rótulo, lote, cotas del modelo, ubicación en calle. Algunas de estas áreas están disponibles únicamente para los arquitectos, mientras que otras están reservadas exclusivamente a CatArSis. La plantilla fue definida en SVG y es interpretada por CatArSis para localizar correctamente los modelos, así como para hacer la respectiva personalización tanto en visualización en pantalla como en impresión.

Las siguientes secciones describen en detalle los componentes de CatArSis (ver Figura 1) directamente relacionados con SVG, que satisfacen los requerimientos y características descritas en este trabajo.

#### COMPONENTE GEOMÉTRICO

Este componente es el encargado de resolver los problemas geométricos asociados con la selección de los modelos arquitectónicos apropiados para un lote en particular. Una instancia del problema geométrico solucionado está constituida por un conjunto de modelos arquitectónicos  $A = \{M_1, \dots, M_n\}$ , un lote  $L$  y unos valores de tolerancia  $\varepsilon$ . Cada uno de los modelos del conjunto  $A$  está descrito mediante una cuádrupla  $M_k = (f_k, b_k, m_k, l_k)$ , donde  $(f_k, b_k)$  representa las dimensiones del rectángulo asociado a la planta del modelo (la huella del modelo),  $m_k$  el tamaño del módulo y  $l_k \in \{D, M, I\}$  representa la localización en manzana. Un lote  $L$  está descrito mediante la tupla  $L = (p_1, p_2, p_3, p_4, l, a)$ , donde  $p_i = (x_i, y_i)$  repre-

senta la posición absoluta de cada una de las esquinas del lote con respecto a un punto de referencia fijo en la ciudad,  $l \in \{D, M, I\}$  representa la localización del lote en manzana, y  $a$  es un conjunto de afectaciones que se utilizan para definir las dimensiones realmente utilizables del lote. Nótese que el lote  $L$  no necesariamente es rectangular.

La solución asociada a una instancia del problema es un conjunto ordenado  $S \subseteq A$  tal que si  $M \in S$  entonces  $M$  corresponde a un modelo que puede ser construido en el lote  $L$  respetando la localización  $l$ , las afectaciones  $a$  y con valores de desfase inferiores a los valores de tolerancia  $\varepsilon$ . El orden en  $S$  es decreciente con respecto a una función diseñada para medir la bondad de la relación modelo-lote.

Evidentemente la primera fase del algoritmo es filtrar el conjunto  $A$  para obtener un conjunto  $A_1$  tal que si  $M_k \in A_1$  entonces  $l_k = l$  y  $area_L - \varepsilon_{area}(\varepsilon, m_k) \leq f_k b_k \leq area_L$ . Es decir, se seleccionan de  $A$  sólo los modelos que tienen la misma localización en manzana que el lote objetivo y que físicamente pueden ser ubicados dentro del lote respetando la tolerancia en área (esta tolerancia se calcula dependiendo de  $\varepsilon$  y del módulo  $m_k$ ). En la segunda fase, todos los modelos de  $A_1$  son ubicados, vía rotaciones y traslaciones modulares, dentro del lote  $L$ . Esta ubicación proporciona el valor de la calificación de la relación modelo-lote  $c(M_k, L)$  que será utilizada para fabricar y ordenar el conjunto solución  $S$ .  $S$  sólo contiene los modelos de  $A_1$  con relación modelo-lote con calificación satisfactoria.

#### OTROS COMPONENTES DE MANIPULACIÓN DE INFORMACIÓN VECTORIAL

El componente de personalización de modelos arquitectónicos es el encargado de la manipulación en SVG de la información vectorial, para lograr la personalización de la documentación de los modelos aplicables a un lote en particular; y constituye uno de los principales aportes de este trabajo. Integra especialmente la información del modelo, el propietario y el lote. La integración debe realizarse en los planos,

especialmente lo referente a la localización del modelo en el lote, en la manzana y con respecto a las calles aledañas. También, en el rótulo del plano. La información de personalización es ingresada al sistema cuando el propietario solicita a la CVP una solución de vivienda. Basados en la plantilla definida, este componente inserta la información pertinente en los sitios apropiados de los documentos SVG.

El componente de interfaz y visualización es el encargado de la visualización e interacción con los usuarios del sistema. Permite la visualización de la información vectorial SVG, su manipulación en despliegue, navegación sobre la documentación técnica de los modelos y la realización de las acciones correspondientes a los casos de uso del sistema. La Figura 2 muestra la interfaz del sistema para el usuario operador de la CVP.

La parte superior de la pantalla contiene la zona de navegación sobre los modelos preseleccionados y los planos. Tiene dos zonas de pestañas: la superior corresponde a los modelos preseleccionados, adecuados para el lote; la segunda fila de pestañas corresponde a los documentos del modelo que actualmente se está visualizando, dentro de los preseleccionados. En primera instancia, para todos los modelos adecuados para un lote, se presentan los planos de primera y segunda planta y el presupuesto general. Se espera que esta información dé suficientes elementos al propietario para escoger el modelo que más se adecúe a sus necesidades.

La zona central de la pantalla muestra el modelo, en la cual ya está ubicado el lote y se ha realizado toda la fase de personalización. Esta información respeta la relación de aspecto que se encuentra también en la versión impresa de la documentación. La información alfanumérica, relativa al resumen de usos de áreas y presupuesto también se genera en SVG y es mostrada de manera equivalente a los planos. Las operaciones de *zoom* y *panning* se pueden utilizarse desde el teclado, basado en las facilidades ofrecidas por Batik.

La parte inferior de la pantalla contiene el panel de ingreso de datos. El panel se distribuye en varias categorías de información a ingresar: propietario, información del lote (datos catastrales, datos de localización y norma urbanística), información opcional sobre el constructor y finalmente la zona de botones de comandos. Un menú de opciones completa la funcionalidad del sistema, permitiendo la inicialización de las bases de datos, actualización de base de datos de costos y finalmente la impresión de la documentación.

El componente de generación y personalización de documentos técnicos es el encargado de la generación e impresión de la documentación arquitectónica de los modelos manejados por CatArSis. La documentación impresa incluye una presentación técnica de la CVP, el manual de construcción, el juego completo de planos, las tablas de áreas constructivas para el proyecto y el presupuesto detallado. SVG es escalable, de forma que las proporciones de visualización e impresión dependen de la manera en que el usuario del software utiliza el navegador de Internet, generando eventualmente deformaciones en los planos. Este componente adapta la información a un formato específico de papel, preservando la relación de aspecto de todos los planos. Los componentes de impresión y visualización manejan esta situación para prevenir las deformaciones originadas en factores fuera del control de CatArSis. Este componente también preserva el detalle del dibujo arquitectónico, tanto el realizado por los arquitectos como el que realiza el software, de tal manera que el grosor de cada línea, rótulo y cota respete las convenciones arquitectónicas establecidas.

#### RESULTADOS, CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Este trabajo muestra los resultados obtenidos en la personalización automática de información arquitectónica y técnica correspondiente a soluciones constructivas en sitio propio, para el contexto de vivienda de interés social en Bogotá. CatArSis funciona sobre una infraestructura informática estándar, ofreciendo facilidad de uso y bajos costos de operación. Desde

el punto de vista social, representa una considerable reducción de costos y tiempo en el proceso completo de obtención de una licencia de construcción y en los estudios técnicos previos. Desde el punto de vista de la ciudad, se espera que se construya de forma más ordenada, administrable y segura.

Se resolvieron varios aspectos técnicos utilizando SVG para la representación de la información: personalización de rótulos y planos, selección de la mejor manera de ubicar el modelo en el lote teniendo en cuenta las respectivas geometrías y las restricciones constructivas, y la preservación de las características de aspecto de la información arquitectónica tanto en despliegue en pantalla como en impresión.

El proyecto fue presentado a varias instituciones involucradas con los procesos de desarrollo urbano y fue recibido con total aceptación. Se espera que se definan protocolos de interacción entre dichas entidades para incrementar la efectividad de CatArSis y de los modelos arquitectónicos desarrollados.

El futuro de CatArSis se vislumbra en varios frentes, sin ningún orden particular: lograr mayor difusión e impacto impulsando su uso en otros municipios; incrementar la base de datos de modelos constructivos, incluyendo 3 o más pisos y otras tecnologías constructivas; producir soluciones para usos diferentes a vivienda; producir modelos para geometrías diversas, no contempladas hasta el momento; permitir la modificación geométrica de los modelos arquitectónicos basados en las características específicas del lote a considerar; finalmente, la integración de CatArSis con otros servicios computacionales de la ciudad, con el fin de verificar en tiempo real las normas urbanas, registro de lotes y propietarios, verificación de garantías, etc.

## REFERENCIAS

- [1] SVG: <http://www.svg.org/>
- [2] DANE, Departamento Nacional de Estadística de Colombia.  
Census 2005 report. <http://www.dane.gov.co>
- [3] RCN.  
“En Bogotá, el ingreso de los ricos es 49 veces mayor al de los pobres”, <http://www.rcn.com.co/noticia.php?nt=14035>, jun. 2006.
- [4] Secretaría de Hacienda Distrital.  
“Ingresos, gastos y exclusión social en Bogotá”. En *Cuadernos de la ciudad – Serie Equidad y Bienestar* N° 8, march 2006. [http://www.shd.gov.co/pls/portal/docs/PAGE/PORTAL\\_INTERNET/PUBLICACIONES/TAB\\_ECO/TAB340482/TAB340498/E\\_Y\\_B\\_9\\_8\\_EXCL\\_SOCIAL.PDF](http://www.shd.gov.co/pls/portal/docs/PAGE/PORTAL_INTERNET/PUBLICACIONES/TAB_ECO/TAB340482/TAB340498/E_Y_B_9_8_EXCL_SOCIAL.PDF)
- [5] DANE, Departamento Nacional de Estadística de Colombia.  
“Vivienda VIS y No VIS - I Trimestre de 2006” - Jun. 2006 [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/vis/bolet\\_vis\\_Itrim2006.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/vis/bolet_vis_Itrim2006.pdf)
- [6] Batik Project.  
<http://xmlgraphics.apache.org/batik/>
- [7] Postgres Project.  
<http://www.postgresql.org/>