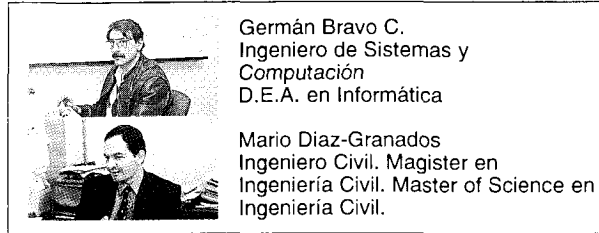


Resumen



Este artículo presenta el mecanismo de colaboración Universidad - Empresa denominado Cátedra Empresarial, y en particular el suscrito entre Prosis-Procálculo y la Universidad de Los Andes, cuyo tema de investigación son los Sistemas de Información Geográfica. Se tratan detalladamente los objetivos perseguidos por esta colaboración, las metas y compromisos de las dos partes, un resumen de las actividades realizadas durante los años 1994 y 1995 y por último algunas conclusiones y comentarios sobre esta experiencia.

1. Introducción

Las cátedras empresariales son uno de los mecanismos, definidos e implantados por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes, que tienen como objetivo acercar a la Universidad cada vez más a la realidad de las empresas y en general del entorno ingenieril colombiano.

La Universidad ha realizado un gran esfuerzo para la implantación de este mecanismo, el cual ha sido ampliamente acogido por la empresa privada. Así, en la actualidad existen varias cátedras empresariales entre las cuales se puede nombrar : la cátedra Oracle, patrocinada por Oracle de Colombia, cuyo interés está en el

área de bases de datos distribuidas; la cátedra Liikuvva, patrocinada por Liikuvva Inc., cuyo interés está en la representación de mapas para navegación terrestre; la cátedra Apple, patrocinada por CDM, cuyo interés está en la integración de herramientas computacionales para industria de la construcción; la cátedra Foster Wheeler Andina, cuyo interés está en la administración de grandes proyectos de ingeniería; la cátedra Microsoft que trabaja en desarrollo de ambientes cooperativos; la cátedra Digital, la cátedra Mobil, la cátedra Pavco y otras.

Este artículo presenta, en particular, la experiencia de la cátedra empresarial Silicon Graphics patrocinada por Prosis-Procálculo cuyo tema es la generación de conocimiento y el desarrollo de aplicaciones alrededor de los Sistemas de Información Geográfica y de las máquinas Silicon Graphics. El artículo está entonces organizado de la siguiente forma : Primero se hace una descripción de lo que son las cátedras empresariales, describiendo de manera general sus componentes de investigación, docencia y divulgación; luego se particulariza a la cátedra Silicon Graphics, describiendo los resultados en cada uno de los componentes y por último se hacen algunos comentarios y conclusiones sobre esta experiencia.

2. Qué son las Cátedras Empresariales¹

Las Cátedras Empresariales son un esfuerzo conjunto entre una empresa privada y la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes. Se busca crear un espacio académico que permita apropiarse, generar y difundir conocimiento relacionado con un área de interés, que es definida de común acuerdo entre las dos partes. Los dos grandes objetivos son entonces :

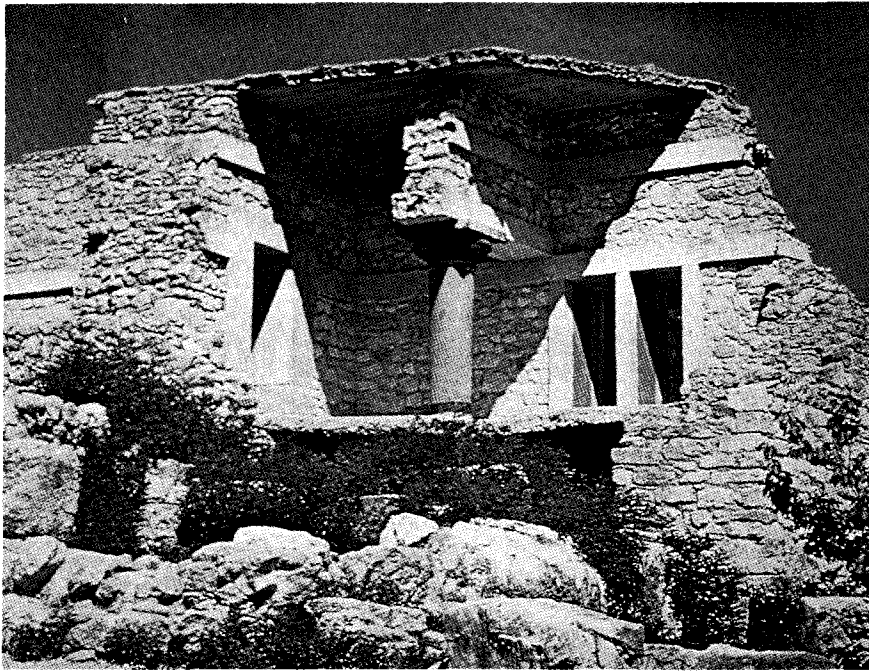
Crear y difundir una cultura alrededor de un área de interés común.

Consolidar un grupo de Investigación y Desarrollo (I&D) que pueda desarrollar y asesorar proyectos en el área mencionada.

Las cátedras tienen una duración de un año, al término del cual se evalúan los resultados obtenidos con respecto a los objetivos planteados. Como resultado de esta evaluación se decide, de común acuerdo, la continuación de la cátedra por otro año.

Para lograr los objetivos propuestos se tienen tres líneas de acción : Formación, Divulgación e Investigación y Desarrollo, las cuales son explicadas a continuación :

¹ El contenido de esta sección es tomado en gran parte del documento descriptivo general de las cátedras empresariales, generado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes (cat)



2.1. Formación

La formación en la Universidad se puede dar a varios niveles : pregrado, postgrado y especializaciones. En cada uno de estos niveles se puede encontrar normalmente uno o varios cursos relacionados con el área de interés de la cátedra.

El compromiso de la Universidad dentro de la cátedra es orientar los desarrollos teóricos y/o prácticos de los cursos que dicta en el área hacia la problemática planteada por la empresa. También es posible que se generen nuevos cursos y/o programas específicos al tema de la cátedra. Se entiende que la Universidad tiene total autonomía académica en cuanto a los contenidos curriculares de los cursos.

2.2. Divulgación

La Universidad tiene diversas formas de hacer difusión de su conocimiento y experiencia. Además de la formación de estudiantes a nivel de pregrado y postgrado, se hace divulgación a través de los programas de

Educación Continua Abierta, Educación Corporativa para Empresas y programas especiales como por ejemplo GEI (Programa de Gerencia Estratégica en Informática).

La generación de documentos es también uno de los objetivos de las cátedras, siguiendo la línea de divulgación. Estos documentos van desde Memos de Investigación, soporte didáctico a los cursos, publicaciones en congresos nacionales y/o internacionales y también publicaciones en revistas nacionales y/o internacionales de reconocido prestigio.

2.3. Investigación y Desarrollo (I&D)

Este es tal vez el componente más importante de las cátedras empresariales, pues apunta exactamente al objetivo de adquisición de conocimiento y generación de resultados.

Como parte de la cátedra, se propone entonces el desarrollo de un proyecto conjunto entre las dos partes, cuyos resultados son generalmente la generación de

prototipos y/o la definición de metodologías de desarrollo. Esto le da a la Universidad mayor experiencia en el área y le permite difundir con mayor facilidad el conocimiento adquirido y/o generado. El tema, alcance y los objetivos exactos de este proyecto se fijan de común acuerdo entre las dos partes.

2.4. Recursos

Los recursos necesarios para el desarrollo de las cátedras dependen necesariamente de la empresa y del tema de interés común. De manera general se puede decir que la Universidad aporta el recurso humano que consiste en medio tiempo de un profesor especializado en el área y medio tiempo de dos estudiantes de Magister, además de la planta física necesaria y la infraestructura de comunicaciones. La empresa aporta el hardware y/o software necesarios para el desarrollo de la cátedra (en el caso que no existan en la Universidad) y una suma de dinero que corresponde al sostenimiento del recurso humano y a gastos de funcionamiento.

3. La Cátedra Silicon Graphics

La Cátedra Silicon Graphics, patrocinada por Prosis-Procálculo, empezó en marzo de 1994 y se encuentra actualmente en su segundo año de ejecución. El tema de interés de la cátedra son los Sistemas de Información Geográfica, en particular Arc/Info, teniendo como plataforma de desarrollo máquinas Silicon Graphics. Entre los objetivos específicos perseguidos se tienen la capacitación y la difusión de las capacidades de las máquinas Silicon Graphics y de la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica. Para este segundo año, se pretende divulgar también las capacidades gráficas y de cálculo numérico de las máquinas Silicon Graphics en otras áreas

como son la tecnología de multimedia, visualización, simulación y realidad virtual.

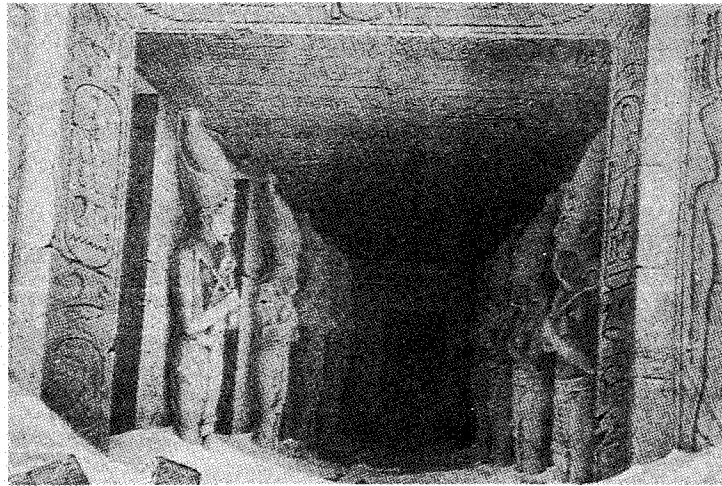
Teniendo en cuenta los objetivos propuestos, por parte de la Facultad de Ingeniería se escogió un equipo de trabajo interdisciplinario conformado por un profesor de Ingeniería Civil (Mario Díaz-Granados) y un profesor de Ingeniería de Sistemas y Computación (Germán Bravo) y un estudiante de Magister de cada departamento.

Los recursos aportados por Prosis-Procálculo son : Una máquina Silicon Graphics modelo Indy (32 MB de memoria principal y 4GB de disco duro), Arc/Info (v. 6.1 y v. 7.0.3), Arcview 2.0 (para Silicon Graphics y para PC) y Erdas.

A continuación, se enuncian las actividades desarrolladas en el marco de la cátedra en cada una de las líneas de acción.

3.1. Formación

Desde el punto de vista de docencia la realización más importante es la generación de un curso introductorio «Seminario de Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos», que se dicta el primer semestre de cada año, a partir de 1994. Este es un curso - taller, cuyos temas básicos son : cartografía, fuentes de información geográfica, geomática, manejo de información en un SIG, funciones y operaciones de un SIG y una introducción a sensores remotos. El proyecto final de curso es tal vez el componente más importante pues ha servido de base para definir y desarrollar temas de proyectos de



grado. Entre los temas de proyectos se puede nombrar : Censo Delictivo en Ciudad Bolívar, Recolección de basuras en Manga (Cartagena), Estabilidad de Taludes en la variante de La Vega, Control de Incendios en Parques Naturales, Amenaza de Inundaciones en el río Combeima y Zonificación Sísmica de un sector de Bogotá.

También la cátedra colabora activamente en los cursos de Ingeniería Sísmica y de Desechos Sólidos, dictados por Ingeniería Civil y en talleres sobre SIG dictados por otras instancias de la Universidad, en el caso particular del Centro Interdisciplinario de Estudios Regionales - CIDER.

3.2. Divulgación

En la línea de acción de divulgación, se tienen tres conjuntos de actividades : Organización y participación en eventos, participación en congresos y generación de documentos.

Las actividades desde el punto de vista de organización y participación en eventos han sido :

- Seminario Interno sobre Sistemas de Información Geográfica. Universidad de Los Andes. Marzo 1994.

- Colaboración con Prosis en «ArcCAD - Solución SIG para Ordenamiento Territorial». Universidad de Los Andes. Abril 1994.
- Aplicaciones de SIG en Ingeniería Civil. Ciclo de Conferencias de Ingeniería Civil. Sept. 1994
- Supercomputador Gráfico en Uniandes. Mayo 1995.
- VI Expomilitar. Corferias. Julio 1995

La participación en congresos ha sido :

- Primer Congreso Iberoamericano de Sistemas de Información de Base Geográfica. México. Marzo 1994. Se presentaron tres artículos : Un Sistema de Información Geográfica para la Planeación de Rutas de Distribución (BraCas93), Plan de Ordenamiento de los Cerros Orientales de Bogotá (GaBra93) y Conversión Vector-Raster-Vector con IDRISI y AutoCAD (Bra93).
- IX Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología y Primer Encuentro Colombiano - Ecuatoriano del Agua y Medio Ambiente. Popayán. Agosto 1994. Se presentó un artículo Aplicación de los

Sistemas de Información Geográfica a Estudios de Estabilidad de Taludes y Erosión en Cuencas ()).

- II Congreso Latinoamericano de Usuarios de Arc/Info. Maracaibo. Noviembre 1994. También se presentó el artículo sobre estabilidad de taludes.
- III Congreso Latinoamericano de Usuarios de Arc/Info y Erdas. Cali. Noviembre 1995.

Otros documentos que se han generado o están en proceso de generación son :

- Qué son y para qué sirven los Sistemas de Información Geográfica. Publicado en la revista Sistemas de ACIS. Junio 1995 (Bra95)
- Clasificación de los Sistemas de Información Espacial. Memorando de Investigación. Universidad de Los Andes. En proceso.
- Adquisición de la Información Geográfica. Memorando de Investigación. Universidad de Los Andes. En proceso.

3.3. Investigación y Desarrollo (I&D)

La actividad de investigación ha estado centrada en el desarrollo de proyectos de grado (pregrado y postgrado), tanto en el Departamento de Ingeniería Civil, como en el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación. Un resumen de algunos de estos proyectos se presenta a continuación :

Sistemas de Información Geográfica aplicados al estudio de la Amenaza Sísmica en Colombia

Este trabajo fue desarrollado como proyecto de grado de Ingeniería Civil por Salvador de la Torre. En él se presenta cómo los Sistemas de

Información Geográfica, en el caso particular PC - Arc/Info, fueron utilizados para la generación de mapas de amenaza sísmica para el territorio colombiano. Tomando como base la información histórica de los sismos ocurridos en Colombia, se aplicó el método de Algermissen para determinar para cada punto de una grilla, de 0.1 grados, cuál es la amenaza sísmica a la que está expuesto. El método de Algermissen fue programado en C y sus resultados se integraron en Arc/Info. Se generaron así diferentes mapas de amenaza teniendo como parámetros el tiempo de exposición y la probabilidad de no excedencia. Por último se presenta una comparación de estos resultados con los definidos por el Código Colombiano de Construcción Sismo Resistente de 1984 (CCCSR-84).

Una Aplicación al transporte urbano en Santafé de Bogotá (Colombia)

Este trabajo fue desarrollado como proyecto de grado de Ingeniería Civil por Manuel Ignacio Navas. El objetivo era modelar el tránsito vehicular en un sector de Bogotá, teniendo en cuenta las horas pico, para definir rutas alternativas de movilización. Como fuente de información se utilizaron los tiempos de viaje de rutas de buses de colegios y de empresas particulares; para las horas que no existía información se realizó un trabajo de campo midiendo los tiempos de viaje en un vehículo particular. Para la generación del modelo se tomaron como base ocho (8) rutas y se utilizaron otras dos para comprobación. El modelo tiene como parámetros la hora en la cual se quiere realizar el recorrido, el tipo de vía, el tipo de zona en la cual se encuentra y el uso dado a la vía como recolector y distribuidor de tráfico. Este modelo fue incorporado en Arc/Info, utilizando el módulo de redes y se obtuvo como resultado una serie de rutas óptimas para el desplazamiento dentro del sector a determinadas horas del día.

Aplicación al Estudio del Acuífero de Santa Marta (Colombia)

Este trabajo fue desarrollado como proyecto de grado para Ingeniería Civil por Miguel Toledo. Su objetivo era simular el comportamiento del acuífero de Santa Marta, teniendo como base un proyecto desarrollado en consorcio entre la Universidad de Los Andes y el CIID para la recarga y desplazamiento de la cuña salina del acuífero. Dentro del proyecto se construyeron 14 pozos para explotación, con profundidades entre 50 y 110 m. y una estructura de recarga con el fin de infiltrar agua en los períodos de invierno. El modelo utiliza una red de diferencias finitas, teniendo como parámetros la infiltración, la conductividad hidráulica, el coeficiente de almacenamiento y las cabezas piezométricas de cada punto en la red. Se desarrollaron entonces dos programas para relacionar los datos entregados por el programa de diferencias finitas y el SIG y tener así un eco gráfico de las variables entregadas por el programa, mantener toda la información de los modelos en un formato de fácil y ágil consulta y desarrollar análisis de superposición y de vecindad de varios tipos de información. Se obtuvieron 25 planos de la información suministrada por el modelo y tres planos adicionales de zonas de captura para protección de pozos, vulnerabilidad a la contaminación y posibles puntos de explotación. Por último, todos estos resultados se pusieron en Arcview..

Zonificación de deslizamientos potenciales en la Sabana de Crespo

Este trabajo fue realizado como proyecto de grado de Ingeniería Civil por Alexander Maestre. Su objetivo era contrastar los resultados de un estudio de INGEOMINAS de zonas de posibles deslizamientos sobre un caserío indígena conocido como Crespo, en una región alejada al río Guatapurí (Cesar, Colombia), con el mismo estudio realizado

utilizando los Sistemas de Información Geográfica. A partir de información geológica, geomorfológica, pendientes y fotografías aéreas se estudió una región de 9 Km². Con la ayuda de un geólogo experto se calibró un modelo de deslizamiento y se determinaron las zonas de deslizamiento y otras posibles zonas inestables. Los resultados de los dos estudios concuerdan en un gran porcentaje, teniendo como punto a favor el modelo computacional, que detectó algunas zonas inestables que no habían sido detectadas por el estudio de INGEOMINAS. Este fue el primer trabajo realizado dentro de la cátedra y con él se logró un mejor entendimiento de Arc/Info de sus capacidades.

Aplicación de SIG para estudios de riesgos de deslizamiento de tierra

Este trabajo fue realizado como proyecto de grado de Ingeniería Civil por Francisco Sánchez. Su objetivo era ampliar el conocimiento adquirido por el trabajo anterior y aplicarlo a una zona con mayor información. Se trabajó entonces con una variante de

la carretera que conduce a la ciudad de Villeta (Cundinamarca, Colombia), cuyo objetivo es desviar el tráfico de larga distancia del casco urbano de Villeta y que tiene una longitud aproximada de 6 kilómetros. A partir de información detallada sobre

topografía (curvas de nivel cada 2 m. entre las cotas de 732 y 954 m), geología y usos de la tierra, se desarrolló un modelo digital de elevación (DEM) con el módulo TIN y luego de análisis se obtuvieron zonas de alto, medio y bajo riesgo de deslizamiento. Los resultados obtenidos fueron luego corroborados mediante comparación con los resultados del análisis geotécnico correspondiente.

Aplicación a Planes de Evacuación en la Universidad de Los Andes

Este trabajo fue realizado como proyecto de grado para Ingeniería

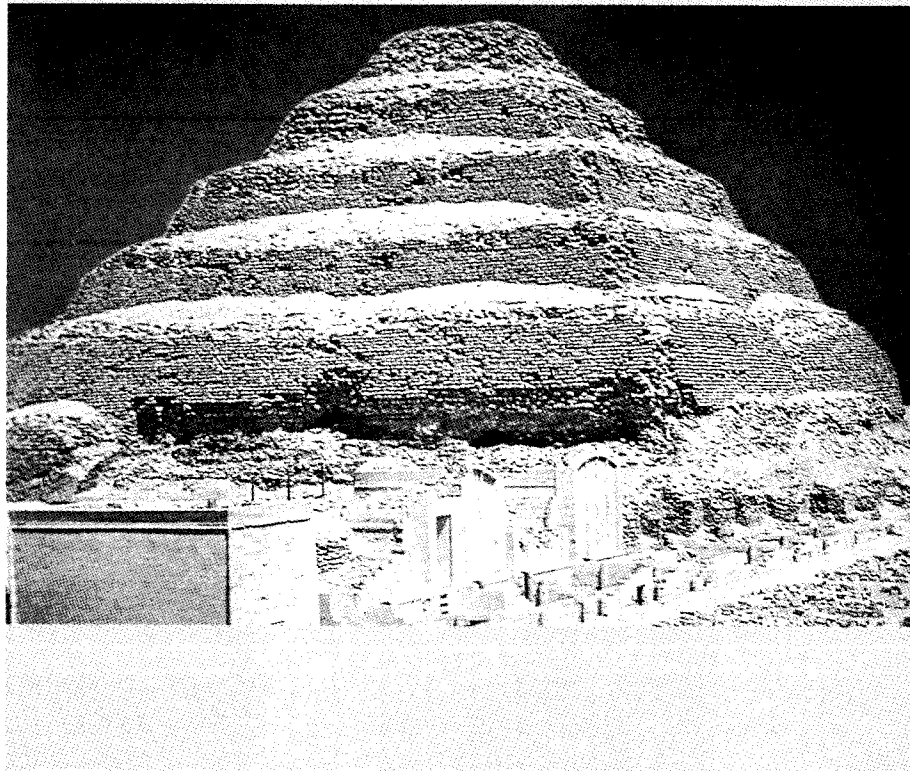
se realizó para uno de los edificios de la Universidad (el edificio Lleras) que cuenta con 22 salones de clase y un auditorio. Se adaptó entonces el modelo de evacuación de edificios utilizado por la Cruz Roja, el cual tiene en cuenta el número de personas a evacuar, el ancho de la salida, la distancia total del recorrido, la velocidad de desplazamiento y la congestión en los puntos de salida y entrega como resultado el tiempo de evacuación requerido, así como las rutas óptimas de salida que deben tomar las personas que se encuentren en los salones del edificio cuando se presente una emergencia. El

ejercicio se realizó primero por cada piso del edificio y luego para el edificio completo.

Generación de rutas de recolección de basuras

Este trabajo se realizó como proyecto de grado de Ingeniería de Sistemas y Computación por Javier Ramos. Su objetivo era la implantación de algoritmos de generación de rutas de recolección de basuras y la integración de ellos con Arc/Info. Se implantó, en C,

conocido como Capacitated Chinese Postman Problem (CCPP) y se logró la integración deseada. La implantación fue primero probada sobre situaciones teóricas documentadas en la literatura y luego se tomó como caso real el distrito de Manga (Cartagena,



Civil por César Prieto. Su objetivo era determinar los tiempos de evacuación de edificios de salones en la Universidad y fue desarrollado en coordinación con la Oficina de Salud Ocupacional de la Universidad de Los Andes y la Cruz Roja Colombiana. El estudio

Colombia). Este último constituyó uno de los proyectos del curso «Seminario de SIG y Sensores Remotos».

Ayuda a la toma de decisiones de manejo en Parques Nacionales

Este es un proyecto que está actualmente en realización por tres estudiantes de Ingeniería de Sistemas y Computación, Fernando Salgado, Carolina Lastra y Liliana Díaz, en colaboración con Carlos Lora, director del Parque Nacional de Chingaza. Su objetivo es apoyar la toma de decisiones de políticas de manejo, mediante la determinación de zonas críticas de manejo en los parques nacionales, teniendo como caso particular el parque de Chingaza. El sistema es capaz de capturar la situación actual del parque y de representar los efectos de las políticas de manejo, permitiendo también la definición de situaciones hipotéticas, tanto del parque como de las acciones tomadas, y por lo tanto la simulación de eventos en el parque. Se tienen como variables determinantes del proceso las unidades de paisaje, el tipo de propiedad (privada o del estado), las zonas de utilización dentro del parque y la ocurrencia de desastres naturales (en el caso particular, incendios); se tiene como variable catalizadora la presencia institucional de personal del parque y como variables informativas se tienen, entre otras, la topografía, la hidrografía, la infraestructura y la división político administrativa.

4. Comentarios Finales

Con respecto a todas las actividades realizadas, se pueden hacer los siguientes comentarios: Primero que todo, que se logró crear un grupo interdisciplinario efectivo en la Facultad de Ingeniería, situación deseable más no muy común en la Facultad. Segundo, que los objetivos planteados para las cátedras empresariales y en particular para la cátedra Silicon Graphics están

siendo cumplidos, lo cual está representado por la existencia del grupo de Investigación y Desarrollo y por el volumen creciente de estudiantes interesados en el tema de Sistemas de Información Geográfica - tanto en el curso como realizando proyectos de grado - y de personas interesadas en la utilización de máquinas Silicon Graphics como plataforma de desarrollo.

Por otro lado, se debe explicitar el acercamiento que está haciendo la cátedra con el Centro MOX de Computación Avanzada de la Universidad de Los Andes, mediante la generación de propuestas de investigación y la posibilidad de compartir los recursos computacionales (HW y SW) pertenecientes a cada uno.

Por último, el grupo interdisciplinario de la cátedra pretende en un futuro no muy lejano ampliar su horizonte de trabajo, mediante la realización de asesorías y consultorías especializadas en el tema de Sistemas de Información Geográfica y poco a poco instaurar un Centro de Investigación en el área. Es de anotar que en este sentido ya se ha avanzado, con asesorías prestadas a la firma ITEC Ltda. y Corpoica y la presentación de propuestas a otras instituciones.

5. Agradecimientos

Los autores de este artículo deben agradecer primero que todo a las

empresas Prosis-Procálculo, quienes financian los trabajos realizados, en particular a Helena Gutiérrez por el apoyo y la confianza demostrada a través de todo el proceso y a todo el personal de soporte, tanto de hardware como de software, quienes han solucionado pronta y eficientemente todos los problemas que se nos han presentado. También debemos agradecer a Alberto Sarria, decano de la Facultad de Ingeniería, impulsor principal del mecanismo de las cátedras empresariales y a los departamentos de Ingeniería Civil y de Sistemas y Computación que han apoyado y facilitado las condiciones de desarrollo de la cátedra. Una mención especial se debe a nuestros asistentes graduados, Alexander Maestre, ingeniero civil que realiza su Magister en Ingeniería Civil y Salvador de la Torre, ingeniero civil que realiza su Magister en Ingeniería de Sistemas: sin ellos no se hubieran obtenido los resultados objeto de este artículo. A los estudiantes del Seminario de Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos y todos aquellos que han realizado o están realizando sus proyectos y tesis de grado utilizando la tecnología de Sistemas de Información Geográfica también debemos agradecerles su interés y sobre todo el hecho que con los resultados obtenidos nos han convencido que debemos seguir en este proceso. Por último debemos agradecer a todas las personas en la Universidad que nos han prestado su colaboración.



6. Referencias

(Bra93) Bravo, Germán. *Conversión Vector-Raster-Vector con IDRISI y AutoCad. Primer Congreso Iberoamericano de Sistemas de Información de Base Geográfica.* México, D.F. Marzo 1993.

(Bra95) Bravo, G.. *Qué son y Para Qué Sirven los Sistemas de Información Geográfica.* Revista Sistemas. Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas - ACIS. Junio 1995

(BraCa93) Bravo, G., Casas, I. *Sistema de Información Geográfica para la Generación de Rutas de Distribución.* Primer Congreso Iberoamericano de Sistemas de Información de Base Geográfica. México, D.F. Marzo 1993.

(Cat) *Presentación de las cátedras empresariales de la Universidad de Los Andes.* Documento generado por la Facultad de Ingeniería. 1993.

(Fai93) Failace, A., *Aplicación de los SIG en actividades Petroleras.* Proyecto de grado para Ingeniería Civil. Universidad de Los Andes. Jun. 1994.

(GaBra93) Gallo, I., Bravo, G.. *Plan de Ordenamiento Territorial de los Cerros Orientales de Santafé de Bogotá.* Primer Congreso Iberoamericano de Sistemas de Información de Base Geográfica. México, D.F. Marzo 1993.

(Mae93) Maestre, A.. *Zonificación de Deslizamientos Potenciales en la Sabana de Crespo mediante el uso de un SIG.* Proyecto de grado para Ingeniería Civil. Universidad de Los Andes. Dic. 1993.

(Mae94) Maestre, A., Gómez, M., Díaz-Granados, M.. *Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a Estudios de Estabilidad de Taludes y de Erosión en Cuencas.* II Congreso Latinoamericano de Usuarios de Arc/Info. Maracaibo, Venezuela. Nov. 1994

(Nav95) Navas, M. *SIG : Una Aplicación al Transporte Urbano en Santafé de Bogotá.* Proyecto de grado para Ingeniería Civil. Universidad de Los Andes. Jun. 1995.

(Pri94) Prieto, C., *SIG : Una aplicación a planes de Evacuación en Uniandes.* Proyecto de grado para Ingeniería Civil. Universidad de Los Andes. Jun. 1994.

(Ram94) Ramos, J. *Generación de Rutas de Recolección de Basuras utilizando SIG..* Proyecto de grado para Ingeniería de Sistemas y Computación. Universidad de Los Andes. Jun. 1994.

(San94) Sánchez, F. *Aplicación de SIG para Estudios de Riesgos de Deslizamientos de Tierra.* Proyecto de Grado para Ingeniería Civil. Universidad de Los Andes. Dic. 1994.

(ToI94) Toledo, M., *SIG : Aplicación al Estudio del Acuífero de Santa Marta.* Proyecto de grado para Ingeniería Civil. Universidad de Los Andes. Jun. 1994.

(Tor94) de la Torre, S. *SIG aplicados al Estudio de la Amenaza Sísmica en Colombia.* Proyecto de grado para Ingeniería Civil. Universidad de Los Andes. Dic. 1994.

