

# MODELO SIG PARA LA SITUACION DE RUIDO EN LA LOCALIDAD DE PUENTE ARANDA

Universidad INCCA de Colombia

José Antonio Valero Medina  
Ing. De Sistemas, Msc en Teleinformática  
Especialista en Sistemas de Información Geográfica

---

## Introducción

La tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), ha demostrado cada vez más sus bondades para desarrollar proyectos en diversas áreas temáticas. Estas áreas emplean los SIG como una herramienta de soporte para efectuar análisis y probar diversos escenarios de solución a los problemas planteados. Lo anterior permite tomar una decisión más segura, debido a que existe la facilidad de comparar y evaluar las posibles alternativas, en una forma más rápida, flexible y automática.

Las facilidades en el análisis de datos para producir información útil, hacen del SIG hoy por hoy, una herramienta muy empleada, a pesar de los inconvenientes que presenta en cuanto a costos y a recurso humano capacitado.

En Colombia es una tecnología relativamente nueva que cada vez coge más fuerza y se hace necesaria para los proyectos que requieran análisis espacial, integrado y complejo, el cual bajo los métodos convencionales sería muy difícil llevar a cabo.

En el caso del ruido, la herramienta encuentra una alta importancia, cuando se trata de explicar su distribución y la afectación, que los elementos con una ubicación espacial dada sufren, por encontrarse en su área de influencia.

Las aplicaciones de ruido encuentran en la tecnología del SIG todo el soporte para efectuar el análisis espacial, basado en modelos que determinan su situación actual, con la caracterización de la cual, pueden plantearse las medidas de corrección necesarias con el fin de manejar los efectos en los sitios donde dicha situación sea crítica. En este contexto la herramienta del SIG se convierte en el mejor apoyo para la toma de decisiones, en relación con la situación del ruido en una región dada.

El SIG almacena los datos en una base que puede ser accedida por cualquier usuario sin necesidad de duplicarla para nuevos requerimientos. En esta base de datos se almacenan tanto los elementos espaciales ó gráficos, como sus características que se guardan normalmente en tablas. Su importancia en el presente trabajo radica en la facilidad que proporciona al usuario de realizar consultas sobre los productos obtenidos y las fuentes de datos, con el fin de responder las preguntas que éste plantee, de acuerdo con sus necesidades.

En esta instancia se describen las diversas etapas mediante las cuales fue desarrollado el sistema de Información Geográfica, que permitió modelar la distribución del ruido en la localidad de Puente Aranda, al igual que su caracterización y evaluación de los grados de afectación dentro de la localidad.

Aquí se presentan las necesidades de los usuarios del modelo, con base en las cuales se definieron las aplicaciones y datos geográficos requeridos. Paso seguido se describe la conceptualización del modelo SIG, para la cual fueron empleadas herramientas como el **modelo de datos** y el **esquema de procesos del análisis espacial**. También se muestra el desarrollo del modelo de situación de ruido, en relación con las funciones de análisis espacial que fueron empleadas.

Este capítulo incluye los procesos de consulta que pueden llevar a cabo los usuarios y se presenta la interfaz a través de la cual este último podrá interactuar con los datos y la información generada dentro del modelo.

Para el desarrollo del modelo SIG fue empleado el software ARC/VIEW, con la extensión de Análisis Espacial (Spatial Analyst). El desarrollo de algunas de las aplicaciones y actividades SIG, se llevaron a cabo empleando el lenguaje de programación AVENUE, que viene incluido en el software de ARC/VIEW.

En el numeral correspondiente a la consulta de resultados se describen los requerimientos de hardware para correr la aplicación y otra información de utilidad para los usuarios.

#### Necesidades del usuario

La evaluación de necesidades de los usuarios es el primer paso en la implementación exitosa de un SIG. Consiste en una visión sistemática de cómo funcionan los departamentos donde están los usuarios a los cuales se realiza la evaluación de necesidades y de los datos espaciales que ellos requieren para llevar a cabo su trabajo.

Para su desarrollo se emplearon métodos estándar que usan documentación estructurada en forma especial, con el fin de plasmar la información que se recolectó de los requerimientos.

Esta fase se llevó a cabo con el fin de garantizar los beneficios relacionados con la eficiencia de tener una base de datos común y unos datos básicos que pudieran ser empleados para el desarrollo de la aplicación.

Al finalizar esta etapa se obtuvo la información requerida para planear el desarrollo del SIG, produciéndose un informe, que sirvió de base para las subsiguientes etapas. Este informe fue usado posteriormente para:

- Diseñar la base de datos
- Identificar el software que era requerido
- Preparar el plan de implementación
- Empezar a estimar los beneficios del SIG

Métodos usados para el requerimiento de usuarios

(Local Government GIS Demonstration Grant, 1998)

Esta evaluación de necesidades se efectuó levantando un inventario de los mapas y de los datos espaciales que serían usados para el modelo. Esta aproximación trató de realizarse considerando como puede el SIG ser usado para mejorar el trabajo en la división donde será empleado el modelo y en la organización en general.

Para la realización exitosa de la evaluación de necesidades se consideró el amplio rango de usos de la información geográfica, por parte del DAMA. Entre otros se mencionan:

**Despliegue simple (mapeo automático):** Consiste en la generación de un mapa o diagrama a través del computador. Son equivalentes al acto de leer un mapa para encontrar rasgos particulares o patrones. Conduce a la identificación de los ítems de interés su subsecuente recuperación y manipulación

**Consultas y despliegues:** Consisten en el planteamiento de preguntas específicas a una base de datos geográfica. Estas preguntas casi siempre son respondidas a partir de una selección realizada en esa base de datos y la visualización del resultado obtenido.

**Análisis de mapas:** Incluye el uso de las capacidades del SIG para definir relaciones espaciales entre capas de datos. Entre otras funciones, se usa la superposición de un mapa en otro para determinar las características de un sitio en particular. Cada tipo de elemento del mundo real está separado en una capa. La combinación de estas capas constituye la simulación de las relaciones del mundo espacial a través del computador.

**Modelamiento espacial:** Son funciones que permiten obtener un resultado a partir de la interpolación y extrapolación de una información ya conocida. En otras palabras se prueban diferentes escenarios antes de que las decisiones sean tomadas.

Todas estas funciones permitirán a los usuarios:

Responder a las preguntas de consulta por parte del público

Realizar operaciones rutinarias como generación de permisos y aprobaciones

Proporcionar información relacionada con la toma de decisiones del aspecto político, económico y social.

También fue tenido en cuenta el software SIG que posee el DAMA y los sistemas que poseía, con el fin de integrarlos dentro de todas las etapas de desarrollo del SIG, el cual no debe ser desarrollado como un sistema separado.

Desarrollo de la evaluación de necesidades

El aspecto más importante de la evaluación de necesidades es documentar los hallazgos en una forma estandarizada y estructurada. Los formularios empleados sirvieron para identificar tres tipos de requerimientos:

**Aplicaciones SIG:** Incluyeron las tareas que efectuaría el SIG de acuerdo con lo requerido por el usuario. Por ejemplo preparar un mapa, procesar una consulta, conducir un análisis espacial.

**Actividades SIG:** Las situaciones en las cuales la información necesitaba ser mantenida en alguna actividad o proceso importante para el usuario, como emitir permisos de construcción, conducir inspecciones, etc.

**Datos SIG:** Son ciertas categorías de datos espaciales que es importante retener, pero que no aparecerán en la aplicación o actividad SIG identificada en la descripción de aplicaciones.

#### Método de las discusiones de grupo

El principal método usado para llenar la documentación arriba mencionada fue el de algunas discusiones al interior del grupo de trabajo. Durante estas discusiones se identificaron los documentos, datos y mapas que podían proporcionar información adicional para el análisis del SIG. El proceso de discusiones de grupo describió y anticipó los usos del SIG y descubrió las aplicaciones potenciales SIG.

Las principales actividades de la etapa fueron:

Charla sobre un SIG

Discusiones dentro del grupo de trabajo

Preparación de los formularios o formatos de la aplicación

Análisis y organización de los formatos de la aplicación

#### Documentación de la evaluación de necesidades

Una vez las discusiones de grupo se realizaron, estos datos fueron procesados de tal forma que quedaron estructurados y organizados en los formularios de estandarización de información, usados con este fin.

Las necesidades del SIG fueron documentadas usando las formas, que incluyen la documentación relacionada con los productos a ser generados por el SIG y con las actividades soportadas por el SIG.

El conjunto de formas usadas para documentar los elementos de descripción de las aplicaciones y actividades SIG a ser producidas fueron:

Descripción de las aplicaciones y actividades SIG, (Anexo 4): Se usó para introducir la siguiente información:

Nombre de la aplicación o actividad  
 Descripción del propósito  
 Tipo de aplicación o actividad, escala, llave de la consulta  
 Datos que se requieren para la aplicación o actividad  
 Entidades (rasgos) y atributos de entidades

La lista master de datos

Está compuesta de todas las entidades de datos (rasgos) y sus atributos. La lista master de datos generada para el presente proyecto y los ítems que incluye se presentan en la Tabla 8.1.

<b>ENTIDAD</b>	<b>ATRIBUTOS</b>	<b>OBJETO</b>	<b>ESPACIAL</b>	
<b>AUDIOMETRIA</b>	CODIGOENTRADA, PUNTODEMUESTREO, NUMEROPACIENTE, FECHA, NOMBREDELPACIENTE, APELLIDOSDELPACIENTE, CÉDULA, TELÉFONO, NUMERODEEXAMEN, SEXO, OCUPACIÓN, EDAD, DESCANSOAUDITIVO, TIEMPODEVIVIRENELBARRIO, DIRECCIÓN, BARRIO, USODOMINANTEDELSUELO, DIFICULTADESCUCHAR, TRANSTORNOSLENGUAJE, OTORREA, TRAUMACRANEANO, HIPERTENSIONARTERIAL, OTOXICOS, ALCOHOL, TUBERCULOSIS, ACUFENOS, TRASTORNOSEQUILIBRIO, DOLORDEOIDO, CIRUGIASENOLOIDO, DIABETES, ENFERMEDADESVÍASRESPIRATORIAS, TABAQUISMO, MOTOCICLISMO, TEJO, DISCOTECA, ACTIVAEUIPOSDESONIDO, INSTRUMENTOSMUSICALES, RUIDOSOS, DOLORDECABEZA, SERVICIOMILITAR, WALKMAN, CAZAYPOLIGONO, An w exp ruidos, ESTRESS, MOLESTIA, ACELERACIÓN DE LA RESPIRACIÓN, DIFICULTADPARADISCRIMINAR, DIFICULTADPARAENTENDER, MALGENIO, DESCONCENTRACIÓN, ALTERACIÓN DEL SUEÑO, CANSANCIO, OTROEFECTOSNEGATIVOS, PROBADQPADRE, PROBADQMADRE, PROBADQABUELOS, PROBADQHERMANOS, PROBADQTIOS, PROBADQPRIMOS, PROBCONPADRE, PROBCONMADRE, PROBCONABUELOS, PROBCONHERMANOS, PROBCONTIOS, PROBCONPRIMOS, HIPERPADRE, HIPERMADRE, HIPERABUELOS, HIPERHERMANOS, HIPERQTIOS, HIPERPRIMOS, DIABPADRE, DIABMADRE, DIABABUELOS, DIABHERMANOS, DIABTIOS, DIABPRIMOS, OTROPADRE, OTROMADRE, OTROABUELOS, OTROHERMANOS, OTROTIOS, OTROPRIMOS, PROBLEMACONGENITO, HIPERTENSIÓNPAR, DIABETEPAR, OTROSPAR, LARSENIDOIZQUIERDO, LARSENIDODERECHO, LARSENPEOR, OTOSCOPI, AUDIOMETRIA, ASOCIADAFACTORES, CLASEOTOXICOS, NIVELDAÑORUIDO, IZQUIERDO, DERECHO, TOTAL		<b>PUNTO</b>	
<b>CELDA DE NIVEL DE RUIDO</b>		<b>NIVEL DE RUIDO</b>	<b>GRID</b>	
<b>ENCUESTA</b>	CODIGOENTRADA, FECHA, DIRECCION, BARRIO, USODOMINANTE, FUENTEGENERADORA1, FUENTEGENERADORA2, FUENTEGENERADORA3, FUENTEGENERADORA4, EDIFICACIONESMENORESDE4, EDIFICACIONESENTRE4Y8, EDIFICACIONESMAYORESDE8, TRAFICOAUTOMOTOR, TIPOVIA, ESTADOVIA, SEXO, OCUPACION, EDAD, PROBLEMASAMBIENTALES, MOLESTAELRUIDO, NIVELDEMOLESTIA, ACOSTUMBRADOALRUIDO, HORADELDIAQUEMOLESTAMAS, FUENTEMOLESTARUIDO, TIEMPODEEXPOSICIONALRUIDO, INTERFIEREALHABLAR, INTERFIEREALDORMIR, INTERFIEREALTRABAJAR, EFECTOSNEGATIVOS, PULSO, IRRITACION, INTRANQUILIZAR, FATIGA, DESCONCENTRACION, DOLORCABEZA, CUANDOEXPERIMENTA, SEHAQUEJADO, CONQUIEN, QUEOPINASOBREELRUIDO, CAMBIARALASITUACIONENSUCOMUNIDAD, COMO, PARTICIPARIAENPROGRAMASDEMITIGACION		<b>PUNTO</b>	
<b>FRENTE DE LOTE</b>	ID LOTE		<b>GRID</b>	
<b>MEDICIÓN DE FUENTE FIJA</b>		NLPDL, NLPDLN, NLPDLN, NLPDLV, NLPDNL, NLPDNLN, NLPDNLN, NLPDNLV	<b>PUNTO</b>	
<b>FRENTE DE LOTE</b>	ID LOTE		<b>GRID</b>	
<b>MEDICIÓN DE FUENTE MOVIL</b>		TNIDL, TNIDLN, TNIDLN, TNIDLV, TNIDNL, TNIDNLN, TNIDNLN, TNIDNLV	<b>PUNTO</b>	
<b>LOTE</b>	ID, USO, CODZONA, INDICE DE RIESGO		<b>POLIGONO</b>	
<b>MEDICION DE RUIDO</b>	COD PUNTO, LEQDL, LEQDLN, LEQDLN, LEQDLV, LEQDNL, LEQDNLN, LEQDNLN, LEQDNLV, UBICACION		<b>PUNTO</b>	

**NORMA DE RUIDO** USO GENERAL, LEQ DIA LABORAL DIURNO, LEQ DIA LABORAL VESPERTINA, LEQ DIA LABORAL NOCTURNO, LEQ DIA NO LABORAL DIURNO, LEQ DIA NO LABORAL VESPERTINO, LEQ DIA NO LABORAL NOCTURNO

**NO ESPACIAL**

**SEGMENTO VIAL** CAMBIO, CODIGO, GENDESDE, GENHASTA, ID, NOM VIAL, NOMBREVIA, NOMCL GEN, NOMCL PPAL, ORIGEN, PARGENDESN, PARGENHAST, SUFIJO, TIPO VIA **LÍNEA**

**SEMÁFORO** CODIGO, ID, CRUCE **PUNTO**

**TRAYECTO** NUMERO, LEQ DIA LABORAL, LEQ DIA NO-LABORAL, TNI DIA LABORAL, TNI DIA NO LABORAL **LÍNEA**

**Tabla 8.1. Lista master de datos para el modelo “Situación de ruido en la localidad de Puente Aranda”**

El informe de evaluación de necesidades

El reporte que se realizó como resultado de la etapa de evaluación de necesidades incluye las formas y documentos arriba presentados, además de una serie de tablas de sumario, las cuales se describen a continuación:

**Lista de aplicaciones SIG:** Incluye una lista de las diversas aplicaciones SIG que deberían ser implementadas, junto con el tipo de función a ser usada, las cuales fueron descritas arriba (despliegue simple, consultas y despliegue, análisis de mapas y modelamiento espacial). En el Anexo 4A se presenta la descripción de las aplicaciones y actividades requeridas por el presente proyecto.

**Relación de aplicaciones-datos a ser usados en cada aplicación:** Esta fue una matriz empleada para la planeación y la programación de la digitalización de datos. Las aplicaciones fueron priorizadas, entonces los datos empleados por estas aplicaciones pudieron ser programados para ser digitalizados antes. También si algunos datos no estaban disponibles por alguna razón, fue posible determinar cuáles aplicaciones se verían afectadas. Figura 8.1

**Figura 8.1. Matriz de aplicaciones – datos del SIG**

**Lista de funciones SIG:** fue la última parte del reporte, la cual se extrajo a partir de la descripción de aplicaciones y actividades. Esta lista incluyó los tipos de funciones estándar de despliegue y consulta y de despliegue con otras funciones (como reclasificación y consulta de atributos). Tabla . 8.2.

Finalmente la información obtenida como resultado de esta etapa se pudo agrupar dentro de las siguientes categorías, las cuales fueron empleadas para planear el posterior desarrollo del SIG:

**Aplicaciones y actividades a ser desarrolladas:** Se obtuvieron evaluando las necesidades del manejo de ruido en el DAMA. Se detectaron algunas tareas que podrían ser realizadas más eficiente y eficazmente con ayuda del SIG. Para cada aplicación fueron señaladas las tareas a ser realizadas

**Requerimientos de la funcionalidad del SIG:** Para cada aplicación fueron definidas las funciones. Estas funciones comprenden consultas, despliegues, análisis espacial (superposición, corredores de influencia y funciones avanzadas que requerirán programación).

**Datos requeridos en la base de datos:** Comprendió los datos necesarios para el desarrollo del modelo, los cuales incluyeron mapas en copia dura, datos tabulares con identificadores especiales como direcciones, coordenadas X y Y. Se identificó como serían estos datos usados por las aplicaciones.

**Funciones SIG**

Funciones SIG genéricas		SIG empleado			
ARC/VIEW					
	Módulo Básico	Avenue	Extensión de análisis		
DESPLIEGUE	Despliegue en pantalla		View	SI	
CONSULTA	Consulta de atributos		View	SI	SI
CONSULTA ESPACIAL	Búsqueda espacial		Join Espacial		
ANALISIS DE MAPAS	Superposición			SI	
	Interpolación	SI	SI		
	Proximidad		SI		
	Reclasificación	Leyenda	SI	SI	
GEOCODIFICA CIÓN DISCRETA	Geocoding		Propiedades del tema		
MODELO DIGITAL DE RUIDO			SI		
MODELO CÁLCULO DE INDICE DE RIESGO					SI

### **Tabla 8.2. Lista de funciones SIG**

#### Conceptualización del SIG

El objetivo de esta fase fue tomar la información desarrollada durante la etapa de evaluación de necesidades y darle una estructura.

El resultado de esta fase comprendió el modelo de datos y los procedimientos de análisis espacial para el SIG.

Fue considerada como el primer paso en el diseño de bases de datos donde los contenidos de esta base de datos fueron identificados y descritos a nivel conceptual. Describió lo que puede hacer el SIG. El como hacerlo se definió posteriormente en la etapa de diseño lógico y físico de las bases de datos.

#### Conceptos de modelos de datos empleados

(Local Government GIS Demonstration Grant, 1998)

En el presente trabajo el término entidad fue usado para representar objetos o cosas a ser incluidos dentro de la base de datos y atributo, el término para representar las características o mediciones a ser registradas para las entidades.

Otros términos fueron usados para describir la organización de las entidades y los atributos en un SIG, como capa, cobertura, mapa base, tema y otros. Cada uno de ellos se refiere a una colección de una o más entidades organizadas de una manera útil, específica al software SIG que se usa. En adición a la definición de las entidades y sus atributos, los modelos de datos describen las relaciones entre entidades.

Un aspecto importante de las relaciones es la cardinalidad, que trata de si la relación es entre una y solamente una de cada entidad o si las entidades pueden ser más de una.

Los datos geográficos difieren de otros datos, que son incluidos en las bases de datos de los computadores, en que la entidad es definida con una entidad espacial correspondiente (por ejemplo un polígono para representar un predio). Este segundo tipo de entidad no existe para otras bases de datos computacionales y es lo que diferencia a las del SIG de ellas.

Los modelos de datos geográficos contemporáneos incluyen:



**Modelo de datos cartográficos:** puntos, líneas y polígonos (codificados topológicamente) con uno o unos pocos atributos asociados (por ejemplo una capa de uso actual representada por polígonos con unos códigos de uso actual asociados).

**Modelo de datos geográficos con atributos extendido:** Igual que el de arriba, pero con muchos atributos.

**Modelo de datos objeto/espacial conceptual:** Reconocimiento explícito de los objetos definidos por el usuario, ninguno o varios objetos espaciales asociados y un conjunto de atributos para alcanzar el objeto definido. Por ejemplo los objetos de predios, construcciones y ocupantes de los predios, cada uno de ellos con su conjunto de atributos, pero con diferentes objetos espaciales asociados: polígono para el predio y para la edificación y un objeto no espacial para los ocupantes.

**Modelo de datos objeto/complex espacial conceptual:** son múltiples objetos y objetos espaciales múltiples asociados. Por ejemplo una red de calles con segmentos que tienen una representación espacial de líneas y polígonos, con la intersección de las calles que tienen representación espacial de punto y polígono.

El SIG desarrollado está basado en los dos primeros modelos de datos, los cuales fueron los utilizados para el presente trabajo. La tendencia a los sistemas computacionales y bases de datos orientadas a objetos requieren que los planeadores de SIG vean su conceptualización desde este último punto de vista, sin embargo son pocos los software que se encuentran en el mercado, que trabajen modelos de datos orientados a objetos. Por ahora la tendencia continúa siendo la de trabajar los SIG orientados a bases de datos.

Desarrollo del modelamiento de datos para el SIG

Un modelo de datos es una definición formal de los datos requeridos en un SIG. Su propósito es garantizar que todos los datos a usar sean identificados y descritos en forma completa, sin ambigüedades y que tanto el usuario como el analista SIG queden de acuerdo con la definición de datos. Por lo tanto el modelamiento de datos es una especificación formal de las entidades, sus atributos y las relaciones entre las entidades que participarán en el SIG.

Generalidades del modelo de datos entidad relación (E-R)

El modelo Entidad - Relación se basa en la descripción los datos en términos de tres partes (Chen 1976):

Entidades  
Relaciones entre entidades  
Atributos de las entidades o de las relaciones

Cada componente tiene un símbolo gráfico. Existe un conjunto de reglas para construir un modelo E-R de una base de datos usando tres símbolos básicos. Para el presente proyecto se adoptaron las convenciones del CASE de ORACLE (Barker R., 1992). Las entidades son representadas como rectángulos con las esquinas redondeadas, las cuales incluyen el nombre de la entidad en mayúsculas.

Las relaciones espaciales como líneas rojas y las no espaciales con líneas negras. Cuando las relaciones son opcionales la línea aparece punteada. La cardinalidad de "muchos" es representada con el extremo respectivo en forma de tres líneas que bifurcan.

Los atributos se presentan dentro del rectángulo, distinguiendo su identificador con el símbolo "#", prefijándolo. Los atributos obligatorios se distinguen prefijándolos con el símbolo "\*" y los opcionales con el símbolo "o". Las relaciones normales incluidas en el modelo E-R fueron básicamente:

Ubicado en  
Relaciones de conjunto y subconjunto  
Partes componentes de un objeto.

Para modelar la base de datos geográfica usando el diagrama E-R fue requerido un concepto extenso de: Identificación y definición de las entidades, tipos de relaciones y formas de representación para las relaciones espaciales. En la figura 8.2. Puede ser observado el modelo E-R para el presente trabajo.

**Figura 8.2 Esquema de procesos del análisis espacial modelo “situación de ruido en la localidad de**

## Desarrollo del modelo de datos E-R

La información requerida para desarrollar el diagrama E-R provino de la etapa de evaluación de necesidades y comprendió:

La descripción de las aplicaciones SIG

La lista master de datos con entidades, su entidad espacial correspondiente y atributos

La lista de capacidades funcionales (operaciones espaciales)

El proceso de construir el diagrama E-R comprendió el tomar las entidades desde una lista master de datos una a una para ir colocándolas en el diagrama. Por cada nueva entidad, se estableció cualquier relación a otra entidad entrada previamente.

Las relaciones se encontraron examinando la descripción de aplicaciones y decidiendo si el proceso SIG requería una operación específica. En la medida en que las entidades fueron adicionadas al diagrama E-R, la lista de atributos debió ser revisada para determinar si el atributo era apropiado para la entidad y si no duplicaba a otro atributo o entidad.

## Conceptualización del modelamiento espacial para el SIG

Una de las herramientas empleadas para el diseño del modelamiento espacial en el SIG fue la del esquema de procesos del análisis espacial (Eastman R. J., 1998).

Aquí se realizó una representación gráfica de los datos y de los procedimientos analíticos usados en el estudio. Su propósito fue ayudar al analista a organizar y estructurar los procedimientos que serían llevados a cabo en dicho estudio. También sirvió como una fuente de documentación y de referencia para el análisis.

En la Figura 8.3 se presenta el esquema de procesos del análisis espacial de la situación de ruido en la localidad de Puente Aranda.

***Figura 8.3 Esquema de procesos del análisis espacial modelo “situación de ruido en la localidad de Puente Aranda”***

## Desarrollo del modelo "situación de ruido en la localidad de Puente Aranda"

Una serie de actividades y aplicaciones SIG fueron definidas en la etapa de evaluación de necesidades. Dichas actividades determinaron las funciones de análisis espacial que fueron usadas y otras desarrolladas, para determinar la situación del ruido en la localidad de Puente Aranda. A continuación se describen las actividades y aplicaciones más relevantes para el proyecto, cuyos productos son presentados en los diversos capítulos del informe final. En este aparte serán mencionados dichos productos y la forma, en general, como fueron obtenidos.

### Geocodificación de la malla vial

Con base en la malla vial de la localidad de Puente Aranda, proporcionada por el DAMA (fuente original Catastro Distrital), se adaptó la información de la nomenclatura que contenían estas vías, de acuerdo con el método de geocodificación de interpolación de direcciones (US STREET). Gracias a esta actividad fue posible ubicar cualquier dirección válida de la localidad de Puente Aranda, empleando como cobertura de referencia la de las vías del mapa digital de Catastro.

Debido a que esta actividad fue realizada, es posible efectuar una geocodificación usando la herramienta del software Arc/View para localizar una dirección. Un conjunto de direcciones almacenadas en una tabla, podrá ser ubicado espacialmente, empleando la opción "Geocode Addresses".

### Geocodificación de encuestas y audiometrías

Empleando la malla vial procesada, de acuerdo con lo descrito en el numeral anterior, se realizó la geocodificación de las encuestas y audiometrías, contenidas en tablas con formato .DBF, las cuales incluían la información de direcciones a ser ubicadas espacialmente. Con esta información de direcciones se creó un nuevo campo en las tablas de encuestas y audiometrías, con el formato de direcciones US STREET (número de placa, prefijo de punto cardinal sur o norte, nombre del segmento vial).

Como resultado de esta actividad se obtuvo la ubicación espacial del 93% de encuestas y audiometrías a través de puntos. Con dichos puntos fueron correlacionadas las mediciones de ruido efectuadas en la localidad. Para hacerlo se empleo una función de **Join espacial**. Esta función consistió en encontrar el punto de medición más próximo a cada encuesta y audiometría, lo cual permitió analizar la situación de ruido

con respecto a la afectación de la población en diferentes sectores.

#### Generación de la máscara de procesamiento

Esta actividad permitió definir las zonas de la localidad de Puente Aranda, en las cuales el comportamiento del ruido fue analizado. Con base en la cobertura de lotes fueron extraídas, a través de una operación de **reclasificación**, las calles de la localidad, pues es allí donde se realizaron las mediciones de campo. El resultado obtenido fue la cobertura de la máscara.

Debido a que los cálculos de niveles de ruido se efectuaron utilizando el modelo de datos RASTER y con el propósito de obtener un detalle suficiente de esta zona, se adoptó un tamaño de celda de la cobertura de máscara de 1 m.

#### Generación de niveles de ruido

Empleando los puntos digitalizados de las mediciones de ruido realizadas en campo (fuentes fijas y móviles), se llevó a cabo una interpolación a través del uso de la función "**interpolate surfaces**" del software Arc/View. Dicha función usa el método de Inverse Distance Weighted (IDW), consistente en asignar como valor de salida, los valores de cada punto de medición, ponderados por su distancia a la celda.

Para este caso específico, se decidió considerar para cada celda de salida únicamente los dos puntos de medición de ruido más cercanos, delimitados por la máscara de procesamiento, cuya obtención se explicó arriba. Esta aplicación se empleó en ocho escenarios posibles de condiciones horarias de ruido (día, vespertina, noche y día noche, tanto para día laboral, como para no laboral). Los resultados obtenidos fueron considerados como **modelos digitales del comportamiento del ruido**, en la localidad de Puente Aranda para cada uno de los escenarios.

#### Generación de las áreas de influencia de cada punto de medición

Esta actividad permitió definir las áreas de influencia, relevantes a cada punto de medición, las cuales corresponden a las celdas de la localidad de Puente Aranda,

más cercanas a su éste. Con base en la cobertura de mediciones, se realizó el análisis de **proximidad** para cada uno de ellos.

En la función de proximidad cada celda de una cobertura, es asignada a la fuente, a la cual es más cercana. La fuente más cercana es determinada por la distancia Euclidiana.

Generación de las áreas relevantes por ruido, a los frentes de lotes

Esta actividad permitió definir las áreas de evaluación del comportamiento del ruido, relevantes a cada lote, las cuales corresponden a las celdas de las máscara de procesamiento, más cercanas a su frente. Con base en la cobertura de lotes, se realizó el análisis de **proximidad** para cada uno de ellos.

En la función de proximidad cada celda de una cobertura, es asignada a la fuente, a la cual es más cercana. La fuente más cercana es determinada por la distancia Euclidiana.

Estadísticas de la situación de ruido por lote

Esta actividad consistió en calcular los valores estadísticos (máximo, mínimo, promedio, desviación estándar) del comportamiento del ruido en las áreas relevantes por ruido, a los frentes de cada lote. Para su realización se empleó la función **summarize zones** del módulo de análisis del software Arc/View.

La función de “**summarize zones**” calcula las estadísticas totales para cada zona en un tema, basado en los valores de las celdas de otro tema.

Para el presente proyecto fueron usados los ocho modelos digitales de comportamiento del ruido, descritos arriba, además de la cobertura de áreas relevantes por ruido de los frentes de lotes.

El resultado de esta actividad fue una tabla de estadísticas del comportamiento del ruido, la cual consiste en unas columnas, donde se presentan las diferentes estadísticas calculadas para cada registro. A su vez estos registros representan las áreas de influencia del ruido por frente de cada lote.



## Cálculo del índice de impacto de ruido para cada lote

Esta aplicación consistió en obtener un índice cuantitativo de impacto de ruido por lote, en la localidad de Puente Aranda, teniendo en cuenta el uso general y la normatividad de ruido existente para éste.

Para el cálculo del índice se emplearon las tablas estadísticas del comportamiento de ruido para cada escenario, obtenidas en la actividad anterior; además se empleó la cobertura de lotes (teniendo en cuenta su uso general). El procedimiento para obtener el índice de riesgo incluyó las siguientes fases:

Realizar el "join" de las tablas de estadísticas a la tabla de los atributos de los lotes  
Tabla 8.1, con el fin de obtener por cada lote el valor de nivel de ruido promedio.  
Realizar el "join" de la tabla de la normatividad de ruido a la tabla de atributos de los lotes, con el fin de obtener el nivel de ruido permitido para cada lote  
Calcular el índice de riesgo para cada lote, con base en la siguiente fórmula

$$\text{IR} = \text{NIVEL DE RUIDO PROMEDIO} / \text{NIVEL DE RUIDO PERMITIDO}$$

Categorización relativa del índice impacto de ruido, de acuerdo con los siguientes criterios:

$\text{IR} \leq 0.5$ , Marginal  
 $0.5 < \text{IR} \leq 1$ , leve  
 $< \text{IR} \leq 1 + (\text{IR}_{\text{max}} - 1) / 3$ , bajo  
 $1 + (\text{IR}_{\text{max}} - 1) / 3 < \text{IR} \leq 1 + 2(\text{IR}_{\text{max}} - 1) / 3$ , medio  
 $2 (\text{IR}_{\text{max}} - 1) / 3 < \text{IR} \leq \text{IR}_{\text{max}}$ , alto

## Consulta de datos e información del proyecto

El proyecto puede ser consultado por los usuarios de acuerdo con las instrucciones de consulta de datos e información en Arc/View, que se presentan más adelante. Para un desempeño aceptable, se requiere un hardware PENTIUM II, de 400 MHZ y 64 RAM. Un vídeo de alta resolución (1024 X 768). Un equipo de menores especificaciones también podrá ser empleado, pero el desempeño de la máquina será menor y tomará más tiempo realizar las consultas.

Para cargar las coberturas del proyecto es indispensable tener la extensión de "análisis espacial" del software Arc/View, sin la cual no se podrá abrir el proyecto. Si esta extensión está instalada, al dar la opción de abrir el proyecto ella será cargada

automáticamente.

#### Consultas típicas que podrán realizarse en el software arc/view

A continuación se presentan algunas de las consultas que los usuarios del modelo SIG podrán realizar, con el fin de explorar los datos y la información empleados y generados a lo largo del desarrollo del proyecto.

Es importante tener en cuenta que esta información servirá a los usuarios para soportar la toma de decisiones, en relación con el problema de ruido en la localidad de Puente Aranda. Tal como se entrega, esta información empleando el software Arc/View, puede manejarse con mucha facilidad y ser “explotada” de la mejor forma posible.

#### Llamamiento simple de datos

Es la que proporciona el modo de identificar un objeto a través de atributos únicos como nombre, número de ID, dirección de una calle, etc. También permite obtener una lista de atributos. Para realizarla basta con hacer Click en el icono de “identify” de Arc/View y con el tema que se quiere consultar activado, se selecciona un lugar sobre la pantalla donde se desean listar los atributos de esa capa gráfica. En la Figura 8.4, se observa el icono de identificación presionado

***Figura 8.4 Icono de identificación para realizar llamamiento simple de datos en Arc/View***

En la Figura 8.5 se observa una consulta realizada al nivel de comportamiento del ruido, la cual se presenta a través de una tabla, donde se visualiza el valor del ruido en el sitio solicitado por el usuario.

### **Figura 8.5 Consulta de llamamiento simple con lista de atributos**

#### Consultas de búsqueda

Son las que requieren la búsqueda de objetos que satisfagan unos requerimientos específicos:

Dónde está el objeto x?

A través de la identificación del objeto por un atributo único, se muestra la localización de este objeto sobre pantalla. Un ejemplo típico es el de consulta de direcciones, donde se pueden encontrar las coordenadas o la localización de una casa, cliente o lote a partir de la dirección de la calle. Figura 8.6.

### **Figura 8.6 Localización en el espacio de una dirección a través de una consulta de Búsqueda**

#### Consultas con operadores condicionales

Consiste en mostrar todos los objetos que cumplen una condición específica, definida por los operadores condicionales. Tabla 8.3.

=	eq	Igualdad
<>	ne	desigualdad
<	lt	Menor que
<=	le	Menor o igual que
>	gt	Mayor que
>=	ge	Mayor o igual que

**Tabla 8.3 Operadores condicionales**

En Arc/View existe una forma muy fácil de realizar estas consultas, empleando el icono de "Query Builder" (un martillo con interrogación) tal como se presenta en la Figura 8.7

***Figura 8.7 Icono de “Query Builder” en Arc/View para consultas con operadores.***

En la Figura 8.8 se presenta una consulta realizada en la ventana del “Query Builder”, donde los datos que seleccionan son aquellos que cumplen la condición dada en la expresión que se escribió.

Figura 8.8 Expresión para realizar una consulta de las zonas (en amarillo) con índice de riesgo  $\leq 1$

## **BIBLIOGRAFIA**

GIS Development Guide. Local Government GIS Demonstration Grant soportado por: local Government Records Management Improvement Fund, local Government Records Services, State Arcives and Records Administration, con el grupo de proyecto:

Erie County Water Authority  
Mr. Paul Becker, Project Manager  
National Center for Geographic Information and Analysis  
State University of New York at Buffalo  
Dr. Hugh Calkins, Project Director  
Ms. Carmelle J. Côté  
Ms. Christina Finneran

GIS Resource Group, Inc.  
Mr. Graham Hayes, President  
Mr. Thomas Murdoch, Vice-President

J. Ronald Eastman. Idrisi for windows Version 2. Tutorial exercises. Clark labs for cartographic technology and Geographic Analysis. Clark University  
Environmental Systems research Institute. Inc. Arc View Spatial Analyst. Advanced Spatial Analysis Using Raster and Vector Data. 1996.  
Richard Barker, Cliff Longman. CASE method function and process modelling. ORACLE, 1992