

**SOLUCIÓN PARA UN ALGORITMO DE RADIOPROPAGACIÓN INTEGRANDO
MAPAS GEORREFERENCIADOS COMO UN SERVICIO WEB DE SIMULACIÓN**

JULIO ANDELFO FLÓREZ VARGAS

NÉSTOR IVÁN PICO ÁLVAREZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

BUCARAMANGA

2011

**SOLUCIÓN PARA UN ALGORITMO DE RADIOPROPAGACIÓN INTEGRANDO
MAPAS GEORREFERENCIADOS COMO UN SERVICIO WEB DE SIMULACIÓN**

JULIO ANDELFO FLÓREZ VARGAS

NÉSTOR IVÁN PICO ÁLVAREZ

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

DIRECTOR

PHD. HOMERO ORTEGA BOADA

CODIRECTOR

MSC(C). CELSO ANDRÉS FORERO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECHANICAS

**ESCUELA DE INGENIERIA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

BUCARAMANGA

2011

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A DIOS, POR PERMITIR QUE EL UNIVERSO ENTERO CONSPIRE A NUESTRO
FAVOR.

A NUESTROS PADRES POR PERMITIRNOS VIVIR LA OPORTUNIDAD DE SER
QUIEN SOMOS.

AL DOCTOR RICARDO ALZATE CASTAÑO, POR SU ASESORIA Y SERVIRNOS
DE GUÍA EN EL MOMENTO INDICADO PARA ALCANZAR NUESTRO SUEÑO.

AL GRUPO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO RADIOGIS, POR PONER A
NUESTRA DISPOSICIÓN TODOS SUS RECURSOS TANTO EN
INFRAESTRUCTURA COMO RECURSO HUMANO.

A LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, POR BRINDARNOS UNA
FORMACIÓN PROFESIONAL.

DEDICATORIA

A MI MADRE, POR SER CONSUELO, ANIMO, ESFUERZO, CARIÑO Y AMOR
EN TODA MI FORMACIÓN PROFESIONAL.

A MI PADRE, POR DAR LA VIDA POR SUS HIJOS Y APOYARME DE MANERA
ALTRUISTA EN MIS PROPOSITOS Y NECESIDADES.

A MIS AMIGOS, COMPAÑEROS Y FAMILIARES, QUE HAN VISTO EN MÍ
APTITUDES QUE DESCONOCIA.

NÉSTOR IVÁN PICO ÁLVAREZ

DEDICATORIA

A DIOS MI PADRE Y MENTOR, A MI ORGULLO MI SOSTEN Y A MI QUERIDA
NOVIA DIANA REINA QUIEN FUE MI GRAN PILAR.

A MIS AMIGOS, COMPAÑEROS Y FAMILIARES, LOS CREYERON EN MIS
CAPACIDADES Y LOS QUE NO.

A MI ANGEL DE LA GUARDA Y LA FLOR DE MI VIDA.

JULIO ANDELFO FLÓREZ VARGAS

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	31
JUSTIFICACION.....	32
ESTADO DEL ARTE	33
DESCRIPCION DEL CONTENIDO	34
1.MARCO TEORICO	37
1.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG)	37
1.2 SISTEMA DE PROYECCION MERCATOR	39
1.3 PROYECCION CARTOGRÁFICA.....	41
1.4 IDENTIFICADORES DE REFERENCIA ESPACIAL (SRID).....	44
1.5 COORDENADAS GEOGRÁFICAS	45
1.6 SISTEMAS DE REFERENCIA GEODÉSICOS.....	47
1.6.1 Sistemas de referencia tridimensional y datum geodésicos:	47
1.7 TIPOS DE COORDENADAS MANEJADOS EN COLOMBIA.....	49
1.7.1 Coordenadas cartesianas tridimensionales:	50
1.7.2 Coordenadas elipsoidales:	51
1.7.3 Coordenadas planas:	52
1.7.4 Proyección cartográfica Gauss-Krüger:	56
1.8 CONVERSIÓN DE COORDENADAS.....	58
1.8.1 Constantes del elipsoide GRS80 (Geodetic Reference System, 1980):	58
1.9 TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS	59
2 MODULO SIG	61
2.1 INTRODUCCIÓN	61
2.2 GRAFICOS RASTER (MAPA DE BITS)	61
2.2.1 Características.....	62
2.2.2 Ventajas y Desventajas	63
2.3 GRÁFICOS VECTORIALES	65

2.3.1	Características	66
2.3.2	Ventajas y Desventajas	66
2.4	REFINAMIENTO DE GEOMETRIAS INVOLUCRADAS	68
2.5	FUENTE DE DATOS DE POSICIONAMIENTO Y REFERENCIA EN MAPAS....	73
2.6	EXPORTACION SHAPE HACIA LA BASE DE DATOS ESPACIAL	74
3	MÓDULO BASE DE DATOS.....	77
3.1	INTRODUCCIÓN	77
3.2	DISEÑO DE BASE DE DATOS	78
3.3	DATOS ESPACIALES.....	79
3.4	ÁLGEBRA ESPACIAL	80
3.5	LENGUAJES DE CONSULTA ESPACIAL	82
3.6	MANEJO DE CONSULTAS SQL.....	83
3.7	DISEÑO DE LA BASE DE DATOS	86
4	MÓDULO RMC ADAPTADO.....	89
4.1	INTRODUCCIÓN	89
4.2	MÓDULOS EJB.....	90
4.2.1	Tipos de Enterprise JavaBeans	93
4.2.2	Funcionamiento de un Enterprise JavaBean	94
4.3	CAPA DE PERSISTENCIA	95
4.3.1	Mapeo Objeto-Relacional (ORM).....	95
4.4	ARQUITECTURA DE SERVICIOS RADIOGIS.....	98
5	CONCLUSIONES	103
6	RECOMENDACIONES.....	105
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
	LISTA DE ANEXOS.....	16

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Sistema de coordenadas geográficas</i>	40
<i>Figura 2. Proyección Cartográfica Mercator.....</i>	42
<i>Figura 3. Equivalencia de Grado Geográfico</i>	46
<i>Figura 4: Datum geodésicos horizontales $[\phi, \lambda]$, $[H]$ y tridimensionales $[\phi, \lambda, h]$, $[H]$.</i>	49
<i>Figura 5: Coordenadas cartesianas tridimensionales $[X, Y, Z]$ y elipsoidales $[\phi, \lambda, h]$.</i>	50
<i>Figura 6: Proyección UTM (Coordenadas planas)</i>	52
<i>Figura 7: Líneas de Referencia para un área plana de proyección.</i>	53
<i>Figura 8: Origen Geográfico de coordenadas UTM.....</i>	55
<i>Figura 9: Plano de representación coordenadas UTM.....</i>	55
<i>Figura 10: Sistema de proyección cartográfica Gauss-Krüger</i>	56
<i>Figura 11. Imagen tipo raster.....</i>	62
<i>Figura 12. Imagen de mapa de bits o raster.....</i>	64
<i>Figura 13. Imagen de mapa de bits o raster.....</i>	64
<i>Figura 14. Geometrías básicas para mapas vectoriales.....</i>	65
<i>Figura 15. Imagen vectorial</i>	67
<i>Figura 16. Mapa vectorial con deformaciones tipo poli-línea por defecto</i>	69
<i>Figura 17. Proceso de Refinado geométrico para mapas Shape.</i>	72
<i>Figura 18. Superposición de mapas Shape por defecto y refinado.</i>	73
<i>Figura 19. Proceso de exportación de mapas Shape hacia la base de datos</i>	76
<i>Figura 20: Clase “configAntena” – Modelo relacional Base de Datos.....</i>	87
<i>Figura 21: Clase “configEscenario” – Modelo Relacional Base de Datos.....</i>	87
<i>Figura 22: Clase “CapaROI” – Modelo Relacional Base de Datos</i>	88
<i>Figura 23: Concepto de Informática en la Nube.....</i>	89
<i>Figura 24: Arquitectura básica EJB.....</i>	91
<i>Figura 25: Esquema de la arquitectura del diseño Web Service</i>	92
<i>Figura 26: Fragmento del modelo de diseño relacional para la base de datos implementado</i>	96
<i>Figura 27: Interface para la administración de EntityManager</i>	98

<i>Figura 28: Estructura del conjunto de servicios RadioGIS</i>	<i>99</i>
<i>Figura 29: Visualización Geoportal del Servicio Web.</i>	<i>100</i>
<i>Figura 30: Servicio web se simulación en la Nube</i>	<i>101</i>
<i>Figura 31: Diagrama de inter-conexiones de módulos Java y control de flujo de datos</i>	<i>102</i>

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1: Coordenadas MAGNA-SIRGAS de los orígenes de las zonas de proyección Gauss-Krüger en Colombia</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 2: Coordenadas en Datum BOGOTÁ de los orígenes de las zonas de proyección Gauss-Krüger en Colombia.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 3: Constantes del elipsoide GRS80</i>	<i>59</i>

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Bucaramanga_División Política	109
Ilustración 2: Marco para el sistema de Referencia wgs-84	114
Ilustración 3: Modelo de velocidades para América del Sur (Drewes and Heidbach, 2003).....	121
Ilustración 4: Sistema MAGNA-SIRGAS: Red básica GPS y estaciones de funcionamiento continuo (MAGNA-ECO) (Estado octubre de 2004)	122
Ilustración 5: Modelo geoidal (cuasi-geoidal) para Colombia (GEOCOL2004).....	124
Ilustración 6: Coordenadas planas de Gauss-Krüger[N, E] y elipsoidales $[\phi, \lambda]$	127
Ilustración 7: Entorno Autocad® y Comado Mapclean	133
Ilustración 8: Icono, conexión de archivos Autocad Map3D	134
Ilustración 9: Menú de opciones, archivo shape	135
Ilustración 10: Añadir capa a un proyecto en Autocad Map3D	135
Ilustración 11: Panel derecho. Opciones de capas añadidas	136
Ilustración 12: Guardar mapa shape como .dwg en Autocad Map3D	136
Ilustración 13: Selección de similares en Autocad Map3D	137
Ilustración 14: Opciones unidades de dibujo	138
Ilustración 15: Medida entre líneas de referencia	138
Ilustración 16: Selección de objetos – Mapclean Autocad Map3D.....	139
Ilustración 17: Acciones de limpieza Autocad Map3D.....	140
Ilustración 18: Métodos de limpieza y tratamiento a los objetos Autocad Map3D	141
Ilustración 19: Resultado obtenido – Comando Mapclean Autocad Map3D	141
Ilustración 20: Menú de opciones de salida Autocad Map3D	142
Ilustración 21: Opciones de salida shape – selección.....	143
Ilustración 22: Opciones de salida shape – datos.....	144
Ilustración 23: Opciones de salida shape – opciones	145
Ilustración 24: Extensiones creadas por Autocad Map3D para archivos ESRI_Shape	146
Ilustración 25: Mapa general de edificios de la UIS con zonas recreativas.....	148
Ilustración 26: Vista de la UIS desde Google Earth	149
Ilustración 27: Coordenadas de los vértices para la cancha UIS desde Google Earth	150
Ilustración 28: Construcción y dimensión de la cancha UIS sobre manzanas_refinado.dwg	151
Ilustración 29: Dimensión de la cancha sobre el plano de edificios UIS	151
Ilustración 30: Escalado y alineación del plano edificios UIS	153
Ilustración 31: Posicionamiento del plano edificios UIS como capa dentro de manzanas_refinado.dwg	154
Ilustración 32: Uso de la GUI para publicar mapas shape a DDBB Postgis	157
Ilustración 33: Nueva conexión a base de datos Postgis desde Quantum GIS	158
Ilustración 34: Herramienta Quantum GIS para exportar archivos shape a PostgreSQL	160
Ilustración 35: “Library Manager” de Netbeans.....	163
Ilustración 36: Agregar “New Library” en Netbeans.	164

Ilustración 37: Cuadro de dialogo de bibliotecas.	165
Ilustración 38: Agregar driver PostgreSQL.	166
Ilustración 39: Driver PostgreSQL agregado a la librería.	167
Ilustración 40: Nodo "Library" adjunto a un proyecto en Netbeans	168
Ilustración 41: Añadir "Library" al nodo	169
Ilustración 42: Cuadro de dialogo para añadir Librerías.....	169
Ilustración 43: Conector PostgreSQL agregado al nodo de Librerías	170
Ilustración 44: Ventana de servicios de Netbeans.	171
Ilustración 45: Añadir "nuevo driver"	172
Ilustración 46: Cuadro de dialogo "new JDBC driver"	172
Ilustración 47: Selección driver desde explorador	173
Ilustración 48: Cuadro de dialogo con conector agregado	174
Ilustración 49: Nuevo conector añadido en Services de Netbeans	174
Ilustración 50: Menú emergente para conexión a PostgreSQL.....	175
Ilustración 51: Interfaz de acceso a base de datos en Netbeans	176
Ilustración 52: Conexión a base de datos establecida desde Netbeans.	177
Ilustración 53: Nodo de conexión en Services para acceder a la Base de Datos.	177
Ilustración 54: Vista de expansión de la conexión.	178
Ilustración 55: Expansión del nodo tables	179

LISTA DE ANEXOS:

ANEXO 1:	109
ANEXO 2:	114
Superficies de Referencia.....	115
Elipsoide WGS-84	116
Longitudes en WGS-84.....	116
Actualizaciones y nuevas Normas	117
GEODESIA NACIONAL	119
Nuevo sistema tridimensional de referencia para Colombia: MAGNA (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia).....	120
Modelo Geoidal para Colombia: GEOCOL2004:.....	123
CONVERSIÓN ENTRE COORDENADAS	125
Cartesianas tridimensionales [X, Y, Z] y elipsoidales [ϕ , λ , h]:	125
Coordenadas elipsoidales [ϕ , λ , h] y planas de Gauss-Krüger [N, E]:	126
Coordenadas elipsoidales [ϕ , λ , h] y planas cartesianas [N, E].....	130
ANEXO 3:	133
<i>Procedimiento: Cargar capa SHAPE y manejo del comando MAPCLEAN</i>	134
<i>EXPORTACIÓN DE .DWG A .SHP</i>	142
ANEXO 4:	147
<i>ETAPA 1: Extracción de Coordenadas desde GoogleEarth®</i>	148
<i>ETAPA 2: Posicionamiento de coordenadas extraídas con Google Earth sobre un mapa en AutoCAD Map3D previamente geo-referenciado</i>	150
<i>ETAPA 3: Determinación de escala para el mapa edificios UIS y escalado del mismo</i>	151
<i>ETAPA 4: Escalado y alineación del plano edificios UIS</i>	153
ANEXO 5:	155
<i>IMPORTAR ARCHIVOS SHAPE A BASE DE DATOS POSTGIS</i>	155
<i>Método de carga SHAPE desde PostgreSQL</i>	155

<i>Método de carga SHAPE desde Quantum GIS</i>	158
ANEXO 6:	161
INTRODUCCIÓN.....	161
CONEXIÓN DE UNA APLICACIÓN A UNA BASE DE DATOS.....	162
<i>Agregar a NetBeans un conector a una Base de Datos</i>	162
<i>Agregar a un Proyecto un Conector a una Base de Datos</i>	167
CONEXIÓN DE NETBEANS A UNA BASE DE DATOS	170
<i>Instalación en Netbeans del Conector a la Base de Datos</i>	170
<i>Conexión de NetBeans a la Base de Datos</i>	174
ACCESO A LA BASE DE DATOS DESDE NETBEANS	177
ANEXO 7:	180
Código en Java para la conexión EJB de la Query para la extracción de la ROI hacia el algoritmo RMC	180

GLOSARIO

- API:** Una interfaz de programación de aplicaciones o API (del inglés *Application Programming Interface*) es el conjunto de funciones y procedimientos (o métodos, en la programación orientada a objetos) que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción. Son usados generalmente en las bibliotecas.
- AutoCAD Map3D:** *AutoCAD Map 3D* software que conecta el diseño asistido por ordenador (CAD) y los sistemas de información geográfica (GIS) mediante el acceso directo a los datos, independientemente de cómo estén almacenados, y posibilitando el uso de herramientas de AutoCAD para mantener una amplia variedad de información geoespacial. Proporciona acceso directo a datos permitiendo el uso de herramientas de AutoCAD para gestionar una amplia variedad de información de diseño y geoespacial.
- Bean:** Un *Bean* es un componente software que tiene la particularidad de ser reutilizable y así evitar la tediosa tarea de programar los distintos componentes uno a uno. Se puede decir que existen con la finalidad de ahorrarnos tiempo al programar. Es el caso de la mayoría de

¹ Fuente Glosario: <http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>

componentes que manejan los editores visuales más comunes.

Cloud Computing: La computación en la nube o informática en la nube o nube de conceptos, del inglés *Cloud computing*, es un paradigma que permite ofrecer servicios de computación a través de Internet. En este tipo de computación todo lo que puede ofrecer un sistema informático se ofrece como servicio, de modo que los usuarios puedan acceder a los servicios disponibles "en la nube de Internet" sin conocimientos (o, al menos sin ser expertos) en la gestión de los recursos que usan.

Datum geodésico: Es un conjunto de puntos de referencia en la superficie terrestre en base a los cuales las medidas de la posición son tomadas respecto a un modelo asociado de la forma de la tierra (elipsoide de referencia), para definir el sistema de coordenadas geográfico.

EJB: Los Enterprise JavaBeans (también conocidos por sus siglas EJB) son una de las API que forman parte del estándar de construcción de aplicaciones empresariales J2EE de *Oracle Corporation* (inicialmente desarrollado por *Sun Microsystems*). Su especificación detalla cómo los servidores de aplicaciones proveen objetos desde el lado del servidor que son, precisamente, los EJB. Los EJB proporcionan un modelo de componentes distribuido estándar del lado del servidor.

Framework: Se define en términos generales como un conjunto estandarizado de conceptos, prácticas y criterios para enfocar un tipo de problemática particular, que sirve como referencia para enfrentar y resolver nuevos problemas de índole similar. En el desarrollo de software, un *framework* es una estructura conceptual y tecnológica de soporte definida, normalmente con artefactos o módulos de software concretos, con base en la cual otro proyecto de software puede ser organizado y desarrollado. Típicamente, puede incluir soporte de programas, bibliotecas y un lenguaje interpretado entre otros programas para ayudar a desarrollar y unir los diferentes componentes de un proyecto.

Geodésico: El término "geodésico" proviene de la palabra geodesia, la ciencia de medir el tamaño y forma del planeta Tierra. La Geodesia es, al mismo tiempo, una rama de las Geociencias y una Ingeniería. Trata del levantamiento y de la representación de la forma y de la superficie de la Tierra, global y parcial, con sus formas naturales y artificiales.

Georreferenciación: Es un neologismo que refiere al posicionamiento con el que se define la localización de un objeto espacial (representado mediante punto, vector, área, volumen) en un sistema de coordenadas y *datum* determinado. Este proceso es utilizado frecuentemente en los Sistemas de Información Geográfica (GIS).

GoogleMaps: *GoogleMaps* es el nombre de un servicio gratuito de Google. Es un servidor de aplicaciones de mapas en la Web. Ofrece imágenes de mapas desplazables.

GvSIG: gvSIG Desktop es un programa informático para el manejo de información geográfica con precisión cartográfica que se distribuye bajo licencia GNU GPL v2. Permite acceder a información vectorial y rasterizada así como a servidores de mapas que cumplan las especificaciones del OGC.

HTTP: *Hypertext Transfer Protocol* o HTTP (en español protocolo de transferencia de hipertexto) es el protocolo usado en cada transacción de la World Wide Web. HTTP define la sintaxis y la semántica que utilizan los elementos de software de la arquitectura web (clientes, servidores, proxies) para comunicarse. Es un protocolo orientado a transacciones y sigue el esquema petición-respuesta entre un cliente y un servidor. Al cliente que efectúa la petición (un navegador web o un spider) se lo conoce como "*user agent*" (agente del usuario). A la información transmitida se la llama recurso y se la identifica mediante un localizador uniforme de recursos (URL). Los recursos pueden ser archivos, el resultado de la ejecución de un programa, una consulta a una base de datos, la traducción automática de un documento, etc.

Interoperabilidad: Es la capacidad que tiene un producto o un sistema, cuyas interfaces son totalmente conocidas, para funcionar con otros productos o sistemas existentes o futuros y eso sin restricción de acceso o de implementación. Se habla de la interoperabilidad de la Web como una condición necesaria para que los usuarios (humanos o mecánicos) tengan un acceso completo a la información disponible.

Java EE: *Java Enterprise Edition*. Plataforma para desarrollo de aplicaciones empresariales, basado en lenguaje Java, y en un estándar de facto del Java Community Process, para el desarrollo de componentes de software modular sobre servidores de aplicaciones. Esta plataforma introduce un modelo de programación simplificado, que define una arquitectura para la implementación de servicios como una aplicación multicapas.

Llave Foránea: En el contexto de bases de datos relacionales, una clave foránea (o *Foreign Key FK*) es una limitación referencial entre dos tablas. La clave foránea identifica una columna o grupo de columnas en una tabla (tabla hija o referendo) que se refiere a una columna o grupo de columnas en otra tabla (tabla maestra o referenciada). Las columnas en la tabla referendo deben ser la clave primaria u otra clave candidata en la tabla referenciada.

Llave Primaria

En base de datos, una llave primaria (*Primary key*) es un conjunto de uno o más atributos de una tabla, que tomados colectivamente nos permiten identificar un registro como único, es decir, en una tabla podemos saber cuál es un registro en específico sólo con conocer la llave primaria.

Loxodrómica:

Línea que une dos puntos cualesquiera de la superficie terrestre cortando a todos los meridianos con el mismo ángulo. La loxodrómica, por tanto, es fácil de seguir manteniendo el mismo rumbo marcado por la brújula. Su representación en el mapa dependerá del tipo de proyección del mismo.

Mapa ESRI-Shape:

El formato ESRI *Shapefile* (.SHP) es un formato de archivo informático propietario de datos espaciales desarrollado por la compañía ESRI, quien crea y comercializa software para Sistemas de Información Geográfica como Arc/Info o ArcGIS. Originalmente se creó para la utilización con su producto ArcView GIS, pero actualmente se ha convertido en formato estándar de facto para el intercambio de información geográfica entre Sistemas de Información Geográfica por la importancia que los productos ESRI tienen en el mercado SIG y por estar muy bien documentado.

Microcelda: Una microcelda (*microcell*) es una celda de una red de telefonía móvil, que dispone de una estación base de bajo consumo de energía celular (torre), que cubre un área limitada, como un centro comercial, un hotel, un centro de transporte o un área urbana.

OGC: El *Open Geospatial Consortium* (OGC) fue creado en 1994 y agrupa a más de 250 organizaciones públicas y privadas. Su fin es la definición de estándares abiertos e interoperables dentro de los Sistemas de Información Geográfica. Persigue acuerdos entre las diferentes empresas del sector que posibiliten la interoperación de sus sistemas de geo-procesamiento y facilitar el intercambio de información geográfica en beneficio de los usuarios.

PostGIS: Extensión que añade soporte de objetos geográficos a PostgreSQL y permite realizar análisis mediante consultas SQL espaciales o mediante conexión a aplicaciones GIS (Sistema de Información Geográfica).

PostgreSQL: PostgreSQL es un sistema de gestión de base de datos relacional orientada a objetos y distribuido de forma libre.

- Proxy:** Un proxy, en una red informática, es un programa o dispositivo que realiza una acción en representación de otro, esto es, si una hipotética máquina a solicita un recurso a una c, lo hará mediante una petición a b; C entonces no sabrá que la petición procedió originalmente de a. Su finalidad más habitual es la de servidor proxy, que sirve para interceptar las conexiones de red que un cliente hace a un servidor de destino, por varios motivos posibles como seguridad, rendimiento, etc.
- Quantum GIS:** Quantum GIS (o QGIS) es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de código libre para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS y Microsoft Windows. Permite manejar formatos raster y vectoriales, así como bases de datos.
- Query:** En base de datos, *query* significa consulta. Es decir, un *query* en base de datos es una búsqueda o pedido de datos almacenados en una base de datos. Es una cadena de consulta, este término generalmente se utiliza para hacer referencia a una interacción con una base de datos.
- SIG:** Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés [*Geographic Information System*]) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de

resolver problemas complejos de planificación y gestión.

- SQL:** *Structured Query Language* o Lenguaje de Consultas Estructurado. Es el lenguaje que permite la comunicación con el Sistema Gestor de Bases de Datos.
- SRID:** El SRID (*Spatial Reference IDentify*) corresponde a un sistema de referencia espacial basado en el elipsoide concreto usado para la creación de mapas de tierra plana o de tierra redonda. Una columna espacial puede contener objetos con SRID diferentes.
- Tabla:** Tabla en las bases de datos, se refiere al tipo de modelado de datos, donde se guardan los datos recogidos por un programa. Su estructura general se asemeja a la vista general de un programa de Hoja de cálculo.
- TIC** Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC, TICs o bien NTIC para Nuevas Tecnologías de la Información y de la Comunicación o IT para «Information Technology») agrupan los elementos y las técnicas utilizadas en el tratamiento y la transmisión de las informaciones, principalmente de informática, internet y telecomunicaciones.
- WebService:** Es una pieza de software que utiliza un conjunto de protocolos y estándares que sirven para intercambiar

datos entre aplicaciones. Distintas aplicaciones de software desarrolladas en lenguajes de programación diferentes, y ejecutadas sobre cualquier plataforma, pueden utilizar los servicios web para intercambiar datos en redes de ordenadores como Internet.

Web Hosting:

El alojamiento web (en inglés *web hosting*) es el servicio que provee a los usuarios de Internet un sistema para poder almacenar información, imágenes, vídeo, o cualquier contenido accesible vía web. Es una analogía de "hospedaje o alojamiento en hoteles o habitaciones" donde uno ocupa un lugar específico, en este caso la analogía alojamiento web o alojamiento de páginas web, se refiere al lugar que ocupa una página web, sitio web, sistema, correo electrónico, archivos etc. en internet.

TITULO: SOLUCIÓN PARA UN ALGORITMO DE RADIOPROPAGACIÓN IMPLEMENTANDO MAPA GEORREFERENCIADOS COMO UN SERVICIO WEB DE SIMULACIÓN.*

AUTORES: Néstor Iván Pico Álvarez, Julio Andelfo Flórez Vargas**

PALABRAS CLAVES: Base de Datos, SIG, georreferenciación, Radiopropagación.

El manejo de información georreferenciada es actualmente una herramienta utilizada en muchos campos de la ciencia y la ingeniería. El grupo de investigación y desarrollo RADIOGIS incursionando en el mundo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) dispuso de todos sus recursos para crear un servicio de simulación soportado en información geográfica real; sin embargo, el uso de este tipo de herramientas en modelos de radiopropagación está restringido a entornos aplicados de escritorio. En este documento se muestra la adaptación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) como una arquitectura distribuida de un modelo de radiopropagación simulada para la optimización de cobertura en redes inalámbricas utilizando servicios *Web*. La precisión de los resultados entregados por el algoritmo de simulación depende en gran medida de la información geográfica del entorno, expresada como una región de interés seleccionada por un usuario. Esta herramienta *Web* de simulación se despliega bajo un entorno gráfico que brinda el soporte interactivo necesario para su disposición. La optimización del sistema se hizo en 3 módulos, los cuales son: módulo SIG, módulo Base de Datos y módulo *Radio MicroCell* adaptado. Los análisis y resultados de esta investigación son dados bajo el ambiente urbanístico de la ciudad de Bucaramanga, Colombia utilizando mapas vectoriales georreferenciados.

* Trabajo de Investigación

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director: PhD. Homero Ortega Boada. Codirectora: MsC(c). Celso Andrés Forero V.

TITLE: SOLUTION FOR RADIO PROPAGATION ALGORITHM INTEGRATING GEO-REFERENCED MAPS AS A WEB SERVICE SIMULATION.*

AUTHORS: Néstor Iván Pico Álvarez, Julio Andelfo Flórez Vargas **

KEY WORDS: DataBase, Geo-referentiation, GIS, Geo-Reference, Radiopropagation

The management of geo-referenced information is now a tool used in many fields of the science and the engineering. The research and development group RADIOGIS dabbling in the world of Information Technology (ICT), disposed of all its resources to create a Web service simulation. However, the use of these tools on radio-propagation models is restricted to local environment applicated. This work shows an adaptation of SIG, such architecture distributed of a simulated radio-propagation model for optimize the coverage on wireless networks using web services. The accuracy of the delivered results by the simulation algorithm depends heavily of geographic information available, which is expressed as a region of interest selected by a user. This web simulation tool is deployed on a graphical environment, which provides the necessary interactive support for its disposal. The optimization of this system was made on three modules, which are SIG, base date and MicroCell Radio adapted. The analysis and results of this research are presented on base to urbanistic environment of Bucaramanga city (Colombia) using geo-referenced vector maps.

* Research Thesis

** Physicosmechanical Engineerings Faculty. Electric, Electronic and Telecommunications Engineering Department. Manager: PhD Homero Ortega Boada. Co-director: MSm(c). Celso Andrés Forero V.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Resolver la conexión y administración entre el algoritmo RMC de simulación en radiopropagación mediante mapas georreferenciados y la base de datos como un servicio Web en la plataforma de servicios de RadioGIS.

Objetivos Específicos

- Depurar los mapas vectoriales tanto en sus formas geométricas como de otro tipo de información, innecesaria para el algoritmo de radiopropagación RMC.
- Realizar el acople entre el servicio de simulación y el de mapas vectoriales georreferenciados procesados.
- Adaptar a la plataforma de servicios de RadioGIS, una lógica de programación en Java que implemente un modelo de radiopropagación.
- Convertir el modelo de radiopropagación en un servicio de simulación remoto usando la tecnología Webservice.

INTRODUCCIÓN

Actualmente los Servicios de Información Geográfica ofrecen una amplia gama de utilidades en áreas interdisciplinarias, tales como la producción cartográfica, evaluaciones ambientales de recursos naturales, estudios y evaluación de redes de servicios públicos, sistemas de catastro, entre otras; en el caso de este proyecto, la planeación de redes inalámbricas en zona urbana. Este servicio se ofrece como un avance en las Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación (NTIC), las cuales buscan el acceso masivo de la población al consumo de estos servicios, que si bien son de uso técnico, pueden llegar a convertirse en aplicativos con mayor aprovechamiento conforme a las necesidades del usuario, aportando información en tiempo real sin la necesidad de sofisticados sistemas de cómputo.

El proyecto en simulación de redes de inalámbricas RMC (Radio MicroCell), diseñado como una versión modificada del algoritmo de De Jong, se visualiza como un servicio WEB, empleando una Interfaz Gráfica de Usuario (Geoportal), que dispone de ventanas y barras de herramientas necesarias para visualizar un mapa, sobre el que se superpone puntos que representan fuentes de propagación (antenas), las cuales requieren de información suministrada por el usuario tales como, potencia de propagación, altura, ubicación entre otras. Posteriormente el usuario selecciona un área de interés sobre el mapa con información geográfica asociada, donde desea cuantificar la potencia de radiación incidente desde las antenas implicadas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Llevar un servicio de simulación en cobertura de redes inalámbricas a un entorno *Web*, es una actividad que integra el trabajo de muchos módulos que deben comunicarse de una manera fluida, sin redundancias. Un servicio *Web* debe ser diseñado para permitir una interoperabilidad máquina a máquina en una red, como Internet, y ejecutarse en un sistema *Web hosting* remoto.

El uso de datos geo-referenciados merece una atención especial debido a las especificaciones del sistema de simulación. Antes de llegar a ser parte de una base de datos, deben ser sometidos a un proceso de refinamiento y depuración que asegure un perfecto acople con el algoritmo, eliminando información sobrecargada e innecesaria para los objetivos que se persiguen en este tipo de proyectos.

Toda una serie de requerimientos informáticos son necesarios para poder llevar una herramienta de simulación diseñada para aplicaciones de escritorio hacia un entorno de acceso remoto. Los diversos componentes de procesamiento y acople que permiten una fluida comunicación entre entorno, base de datos y simulador deben poseer las características de una arquitectura distribuida para efectos de eficiencia en la medida de su desarrollo y aplicación de nuevas versiones.

JUSTIFICACION

Aprovechando al auge actual en recursos tecnológicos tanto hardware como software, surge la idea de crear un servicio *Web*, que ofrezca a las personas una herramienta que facilite la consulta del impacto urbanístico, en el área de cobertura de la radiación electromagnética emitida desde una antena de alcance

medio (*MicroCell*). Es por ello que RadioGIS, grupo de investigación y desarrollo en telecomunicaciones adscrito a la E3T (Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones - UIS), ha estado desarrollando diversas herramientas y servicios, para analizar el impacto que las redes de telecomunicaciones tienen en nuestro entorno, y permitir al usuario disponer de información útil para sus propósitos.

JAVA es un lenguaje de Programación Orientada a Objetos (POO) que facilita el uso de módulos y clases ofreciendo interoperabilidad, por lo cual fue seleccionado para programar la versión modificada del algoritmo de De Jong. Mediante el uso de paquetes compatibles con bases de datos espaciales, se logra realizar el debido tratamiento de geometrías que demanda el algoritmo de simulación.

Es aquí donde la solución a uno de estos algoritmos se hace necesaria, brindando el soporte en bases de datos espaciales, que implementan mapas en un formato específico compatible con el modelo de radiopropagación. Así mismo, el refinamiento y adecuación de mapa y modelo se coalicionan en una conexión web, que sirve como puente entre las necesidades del usuario y el potencial que ofrece esta herramienta interactiva.

ESTADO DEL ARTE

Dentro de los modelos básicos que se han adaptado para algunas herramientas de planeación celular, se encuentran el de Walfish-Ikegami, el Hata y el Bertoni [1], [2]. Sobre estos modelos se han realizado algunas mejoras mediante la combinación de estas propuestas anteriores con las teorías de Difracción Uniforme y las teorías de Óptica Geométrica dando origen a modelos más evolucionados como el AndinoUIS [3], el modelo De Jong [4] y el de Cátedra [5]. De los cuales, el primero de estos modelos ya tiene una primera versión de

algoritmo AndinoUIS adaptado a la herramienta de interfaz CellGis, pero debe realizarse una verificación de su correcto funcionamiento para la topografía y cartografía completa del área metropolitana de Bucaramanga y de esta forma proceder a su validación [6]. Por otro lado, la documentación del modelo planteado por PhD. Yvo Leon De Jong describe tanto los procedimientos experimentales como los cálculos teóricos que condujeron a su propuesta, sin embargo no describen cómo implementarlo en un algoritmo computacional eficiente. La importancia de realizar un trabajo sobre estos últimos modelos radica en que tratan el problema de la radiopropagación de una manera más precisa eliminando las suposiciones y acercándose más hacia el entorno real.

En cuanto a los Geoportales, se tiene información de los últimos desarrollos en Colombia a través del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el cual ofrece una serie de cartografía de alta definición y han desarrollado un proyecto llamado Diseño, Desarrollo e Implementación del Geoportal de la Infraestructura de Datos Espaciales de la Comunidad Andina (IDECAN) en un ambiente colaborativo. Esto surgió como una iniciativa subregional conformada por los Países Miembros de la Comunidad Andina (Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú) y se justifica en la necesidad de tener datos espaciales eficientes y efectivos, accesibles para el beneficio de los Países Andinos. [7]. Con esta herramienta se soluciona la dificultad de integración de la información geográfica de la región Andina ya que la cartografía se encontraba en ocasiones inconsistente y poco estandarizada, mientras que ahora podrá ser consultada a través de un visor geográfico y está ofrecido a usuarios de información geográfica de todo nivel.

DESCRIPCION DEL CONTENIDO

En el presente documento, se plantea una serie de procedimientos necesarios para lograr la adaptación de SIG a un algoritmo de simulación en

radiopropagación, específicamente, adaptar mapas vectoriales georreferenciados a una base de datos espacial, la cual, por medio de conexión en módulos EJB (Enterprise JavaBeans), se logra establecer una comunicación entre los requisitos para el modelo de radiopropagación y las necesidades del usuario final.

Se presenta una breve descripción de los antecedentes en el grupo de investigación y desarrollo RadioGIS y como se manejado el tema de la simulación de radiación en entornos geográficos. En el marco teórico se exponen los conceptos básicos sobre SIG y su uso en cartografía, los distintos formatos de mapas que se manejan y su información asociada, sin la cual queda muy difícil abarcar de manera concreta todo lo relacionado con bases de datos espaciales, temas que se desarrollan a lo largo de los módulos planteados.

El módulo SIG muestra la solución para refinar geometrías con el uso de un software para edición de dibujos asistido por computadora, conocido como AUTOCAD MAP3D. El uso de este programa permite eliminar imperfecciones por defecto que traen los mapas shape. Una vez finalizada la depuración de todos los mapas necesarios para brindar este servicio, se procede a exportar los resultados hacia una base de datos espacial.

El modulo Base de Datos alberga la información requerida por el servicio Web. Brinda el soporte necesario en cuanto a Mapas espaciales y datos relacionados con la simulación del algoritmo, para lo cual se exponen algunas características de acceso como las QUERIES, que permiten la extracción de geometrías en zonas específicas del mapa re-proyectando los elementos contenidos sin uso de programas adicionales. Se muestra la interfaz de acceso PgAdmin III, que brinda el acceso al gestor de Base de Datos PostgreSQL en modo Administrador y permite el manejo de su complemento PostGIS diseñado exclusivamente para manejo de datos espaciales.

El módulo RMC adaptado se enfoca exclusivamente en el uso de *Java Enterprise Edition*, como plataforma administrativa del servicio Web que maneja una arquitectura de capas distribuidas y que se apoya ampliamente en componentes de software modulares ejecutándose sobre un servidor de aplicaciones. En esta etapa, se ejecutan pruebas sobre las herramientas creadas, principalmente 3: Geoportal, Algoritmo RMC y Bases de Datos espacial, verificando el correcto acople y adaptación de componentes que permiten lanzar en conjunto este y los demás proyectos como un servicio Web de simulación en radiopropagación de antenas bajo entornos urbanos.

1. MARCO TEORICO

1.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG)

[14] Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés [*Geographic Information System*]) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información. En el sentido más estricto, es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones.

La tecnología de los Sistemas de Información Geográfica puede ser utilizada para investigaciones científicas, la gestión de los recursos, gestión de activos, la arqueología, la evaluación del impacto ambiental, la planificación urbana, la cartografía, la sociología, la geografía histórica, el marketing, la logística por nombrar unos pocos.

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus

atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.

Las principales cuestiones que puede resolver un Sistema de Información Geográfica, ordenadas de menor a mayor complejidad, son:

1. **Localización:** preguntar por las características de un lugar concreto.
2. **Condición:** el cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema.
3. **Tendencia:** comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica.
4. **Rutas:** cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos.
5. **Pautas:** detección de pautas espaciales.
6. **Modelos:** generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas.

Por ser tan versátiles, el campo de aplicación de los Sistemas de Información Geográfica es muy amplio, pudiendo utilizarse en la mayoría de las actividades con un componente espacial. La profunda revolución que han provocado las nuevas tecnologías ha incidido de manera decisiva en su evolución.

1.2 SISTEMA DE PROYECCION MERCATOR

Hablar de información espacial nos obliga a conocer algunos aspectos fundamentales de cartografía y geodesia para su correcta posición sobre el globo terráqueo.

La difusión de los GIS y del GPS ha introducido en nuestro lenguaje cotidiano la palabra georreferenciar. Esta palabra de apariencia inofensiva encierra en verdad una serie de problemas. En un sentido abstracto, georreferenciar significa asignar algún tipo de coordenadas ligadas al terreno a los objetos de interés, sean estos naturales, obras de ingeniería, los vértices de una parcela, entre otros.

Georreferenciar datos es una operación sencilla si se tienen las nociones básicas para hacerlo. En la actualidad muchos operarios de los SIG han omitido el tema, y por lo tanto, en cuanto se encuentran con problemas de sobreposición de información no tienen los conocimientos e información necesaria para dar una solución o explicación al problema.

Se parte del hecho de que toda la información espacial está dentro de un sistema de referencia geodésica convencional o "Datum", que dan origen a las coordenadas y que ubican un punto en alguna parte del mundo, es decir, establece el origen de las coordenadas de latitud y longitud.

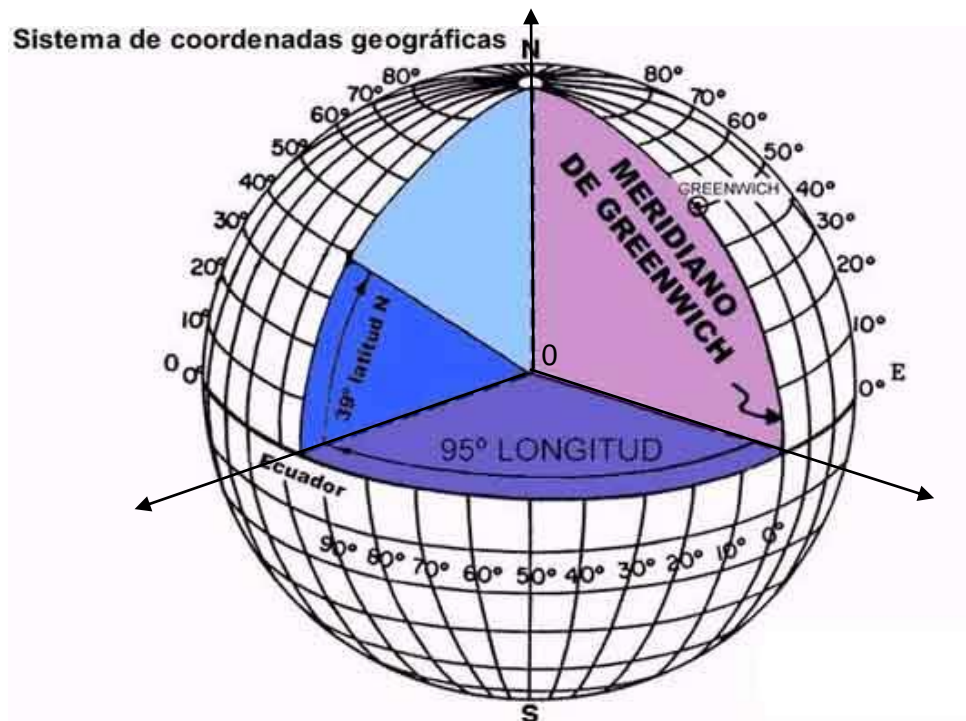


Figura 1. Sistema de coordenadas geográficas

[Tomado de: [http://www.buenastareas.com/ensayos/Georreferencia-De-La-
Informaci%C3%B3n/1322251.html](http://www.buenastareas.com/ensayos/Georreferencia-De-La-Informaci%C3%B3n/1322251.html)]

El Datum es un conjunto de parámetros que especifican la superficie de referencia o el sistema de coordenadas de referencia empleado para el cálculo de coordenadas de puntos en la tierra, es decir, el conjunto de parámetros que establecen el origen teórico para las coordenadas terrestres latitud y longitud.

Hablar de Datums diferentes es hablar de diferentes orígenes para las coordenadas de latitud de longitud, por lo tanto un mismo punto de la superficie

de la tierra, va a presentar coordenadas diferentes si lo ubicamos o posicionamos de acuerdo a uno u otro Datum.

1.3 PROYECCION CARTOGRÁFICA

[15] Una proyección cartográfica no es más que una forma de representar la superficie redondeada y en tres dimensiones de la Tierra en un mapa plano de dos dimensiones. En este caso, la solución la dio el cartógrafo flamenco *Gehrad Kremer (1512-1594)*, más conocido por su nombre latino, *Gerardus Mercator*, quien ideó el siguiente método. Se imaginó la Tierra contenida en un cilindro infinitamente largo y cuyo radio fuese el radio terrestre, de forma que únicamente el ecuador tocase el cilindro. Entonces trazó rectas desde el centro de la Tierra hasta todos los puntos de la superficie terrestre. Estas rectas, al alargarse, cortarían también la superficie del cilindro, y de esta manera tendría una correspondencia entre los puntos de ambas superficies. Una vez hecho lo anterior, se podía desplegar el cilindro, generando un mapa plano de la superficie terrestre.



Figura 2. Proyección Cartográfica Mercator

[Tomado de: http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Usqs_map_mercator.svg]

Se dice que la proyección de Mercator es cilíndrica, puesto que la superficie sobre la que se proyecta es un cilindro. Además, los meridianos no convergen en los polos y forman, junto con los paralelos, una malla de líneas rectas perpendiculares unas con otras. Al conservar los ángulos de las líneas de latitud y longitud, se dice también que es conforme. Pero de todas sus propiedades, seguramente la más extraordinaria es que las líneas de rumbo fijo (*loxodrómicas*) se convierten en líneas rectas en la proyección de Mercator. Esta cualidad tuvo un valor incalculable para los navegantes. Para establecer la ruta entre un lugar y otro, el marino podía dibujar una línea recta en el mapa, determinar el rumbo y zarpar hacia su destino.

[16] La elaboración de mapas involucra conocer la localización geográfica de los elementos y características de la Tierra, y transformar estas localizaciones sobre la Tierra a una posición sobre un mapa plano requiere el uso de una proyección de mapa a una simbolización gráfica de estos elementos.

Un sistema de coordenadas geográficas es un sistema de referencia usado para localizar elementos geográficos de la tierra sobre una superficie plana, donde es preciso dominar conceptos tales como escala, proyección, *Dátum* y transformación de coordenadas.

La tierra se puede considerar un volumen esférico no uniforme que se puede aproximar a una figura geométrica, la cual se denomina Geoide. Para su mejor concepción se le intenta adaptar a una figura más uniforme como lo es el elipsoide. Dependiendo del elipsoide de referencia escogido, el sistema de coordenadas geográficas varía para un mismo punto terrestre, ya que el tamaño y el centro de origen de cada uno de ellos no son coincidentes.

[17] Basados en la proyección de Mercator el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos en la década de 1940, desarrollo el sistema de coordenadas UTM, tomando como base un modelo elipsoidal de Clarke de 1866*. Actualmente se usa el elipsoide WGS84 como modelo de base para el sistema de coordenadas UTM (ver ANEXO 1).

* El modelo elipsoide de Clarke de 1866, fue usado para representar los 48 estados contiguos de EE.UU.

El sistema UTM se caracteriza por:

- Un punto de proyección, que es el centro de la Tierra.
- Una superficie que se proyecta, la de la Tierra, considerada como un elipsoide.
- Una superficie sobre la que se proyecta, que es un cilindro tangente a la Tierra en un meridiano.

En el sistema UTM se divide la Tierra en 60 zonas llamadas husos, comprendiendo cada una de ellas 3° de longitud a cada lado de su meridiano de tangencia. El sistema cartesiano de representación de la proyección tendrá sus ejes situados en el meridiano central y en el Ecuador para las ordenadas y abscisas respectivamente.

1.4 IDENTIFICADORES DE REFERENCIA ESPACIAL (SRID)

[18] Cada instancia espacial tiene un identificador de referencia espacial (**SRID**). El SRID corresponde a un sistema de referencia espacial basado en el elipsoide concreto usado para la creación de mapas de tierra plana o de tierra redonda. Una columna espacial puede contener objetos con SRID diferentes. Sin embargo, sólo se pueden usar instancias espaciales con el mismo SRID al realizar operaciones con métodos de datos espaciales de SQL Server en sus datos. El resultado de cualquier método espacial derivado de dos instancias de datos espaciales sólo es válido si dichas instancias tienen el mismo SRID basado en la misma unidad de medida, dato y proyección usados para determinar las coordenadas de las instancias. Las unidades de medida más comunes de un SRID son metros o metros cuadrados.

El sistema de identificación de referencia espacial está definido por la norma *European Petroleum Survey Group* (EPSG), que es un conjunto de normas desarrolladas para cartografía, sondeos y almacenamiento de datos geodésicos. Esta norma es propiedad del: *comité Surveying and Positioning Committee de Oil and Gas Producers* (OGP).

1.5 COORDENADAS GEOGRÁFICAS

[19] El sistema de coordenadas geográficas es un sistema de referencia que utiliza las dos coordenadas angulares, latitud (norte o sur) y longitud (este u oeste) y sirve para determinar los ángulos laterales de la superficie terrestre (o en general de un círculo o un esferoide). Estas dos coordenadas angulares medidas desde el centro de la Tierra son de un sistema de coordenadas esféricas que están alineadas con su eje de rotación. La definición de un sistema de coordenadas geográficas incluye un *datum*, meridiano principal y unidad angular. Estas coordenadas se suelen expresar en grados sexagesimales:

- ❖ La **latitud** mide el ángulo entre cualquier punto y el ecuador. Las líneas de latitud se llaman paralelos y son círculos paralelos al ecuador en la superficie de la Tierra. La latitud es la distancia que existe entre un punto cualquiera y el Ecuador, medida sobre el meridiano que pasa por dicho punto. Para los paralelos, sabiendo que la circunferencia que corresponde al Ecuador mide 40.075,004 km, 1° equivale a 111,319 km.

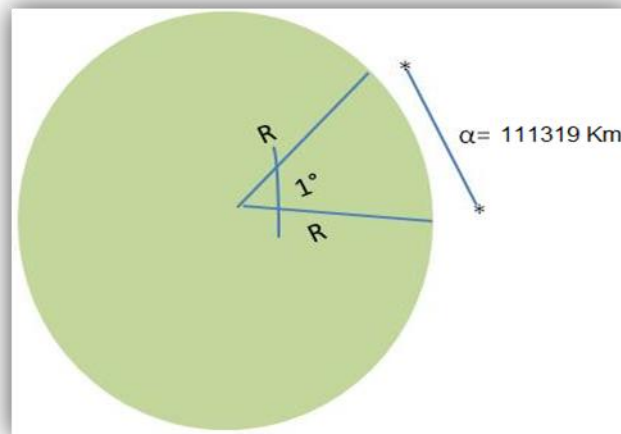


Figura 3. Equivalencia de Grado Geográfico

[Tomado de: <http://topografialuzcol.blogspot.com/>]

- La latitud se suele expresar en grados sexagesimales.
 - Todos los puntos ubicados sobre el mismo paralelo tienen la misma latitud.
 - Aquellos que se encuentran al norte del Ecuador reciben la denominación Norte (N).
 - Aquellos que se encuentran al sur del Ecuador reciben la denominación Sur (S).
 - Se mide de 0° a 90° .
 - Al Ecuador le corresponde la latitud 0° .
 - Los polos Norte y Sur tienen latitud 90° N y 90° S respectivamente.
- ❖ La **longitud** mide el ángulo a lo largo del ecuador desde cualquier punto de la Tierra. Se acepta que Greenwich en Londres es la longitud 0 en la mayoría de las sociedades modernas. Las líneas de longitud son círculos máximos que pasan por los polos y se llaman meridianos. Para los meridianos, sabiendo que junto con sus correspondientes antimeridianos se forman circunferencias de 40.007 km de longitud, 1° equivale a 111,131 km.

Combinando estos dos ángulos, se puede expresar la posición de cualquier punto de la superficie de la Tierra.

1.6 SISTEMAS DE REFERENCIA GEODÉSICOS

Con el propósito de establecer la relación beneficio-costos de la adopción de MAGNA-SIRGAS como sistema de referencia oficial para Colombia en reemplazo del Datum BOGOTÁ, es necesario hacer énfasis en algunos de los aspectos técnicos considerados en la definición de coordenadas, sus tipos y utilización. Dentro de este marco, la presente sección describe las coordenadas manejadas en Colombia y los sistemas de referencia (o datum geodésicos) a que están vinculadas.

1.6.1 Sistemas de referencia tridimensional y datum geodésicos:

Un sistema de referencia es el conjunto de convenciones y conceptos teóricos adecuadamente modelados que definen, en cualquier momento, la orientación, ubicación y escala de tres ejes coordenados $[X, Y, Z]$. Dado que un sistema de referencia es un modelo (una concepción, una idea) éste es materializado (realizado, concretado) mediante puntos reales cuyas coordenadas son determinadas sobre el sistema de referencia dado, dicho conjunto de puntos se denomina marco de referencia (*Reference Frame*) (IERS 2000). Si el origen de coordenadas del sistema $[X=0, Y=0, Z=0]$ coincide con el centro de masas terrestre éste se define como Sistema Geocéntrico de Referencia o Sistema Coordinado Geocéntrico mientras que, si dicho origen está desplazado del geocentro, se conoce como Sistema Geodésico Local (Vanicek and Steeves 1996).

Convencionalmente, las posiciones $[X, Y, Z]$ pueden expresarse en términos de coordenadas curvilíneas latitud (ϕ) y longitud (λ), las cuales requieren de la introducción de un elipsoide de referencia. Para el efecto, el eje Z coincide con el eje menor del elipsoide, el origen de coordenadas $[X=0, Y=0, Z=0]$ con el centro geométrico del elipsoide, el eje X con la intersección del plano ecuatorial y del meridiano de referencia del elipsoide y el eje Y forma un sistema coordenado de mano derecha. La orientación y ubicación del elipsoide asociado a un sistema coordenado $[X, Y, Z]$ se conoce como Datum Geodésico; si aquel es geocéntrico se tendrá un Datum Geodésico Geocéntrico o Global, si es local se tendrá un Datum Geodésico Local. Estos últimos se conocen también como Datum Horizontales ya que sus coordenadas (ϕ, λ) se definen independientemente de la altura (H). Mientras que la latitud (ϕ) y la longitud (λ) se refieren al elipsoide, la altura (H) se define sobre una superficie de referencia (el nivel medio del mar) que no tiene relación alguna con aquél.

Dado el estado del arte en la época de determinación de las redes geodésicas antiguas (o clásicas), las alturas (H) de los vértices geodésicos eran obtenidas con una precisión diez veces menor que las posiciones horizontales, lo cual indica que no debe combinarse (H) con (ϕ, λ) para generar posiciones 3-D (Vanicek and Steeves 1996, Torge 2001). Los datum geocéntricos, por el contrario, son tridimensionales, éstos permiten definir las tres coordenadas de un punto con respecto a la misma superficie de referencia (el elipsoide), en este caso la tercera coordenada se conoce como altura geodésica o elipsoidal (h) (figura 2.1).

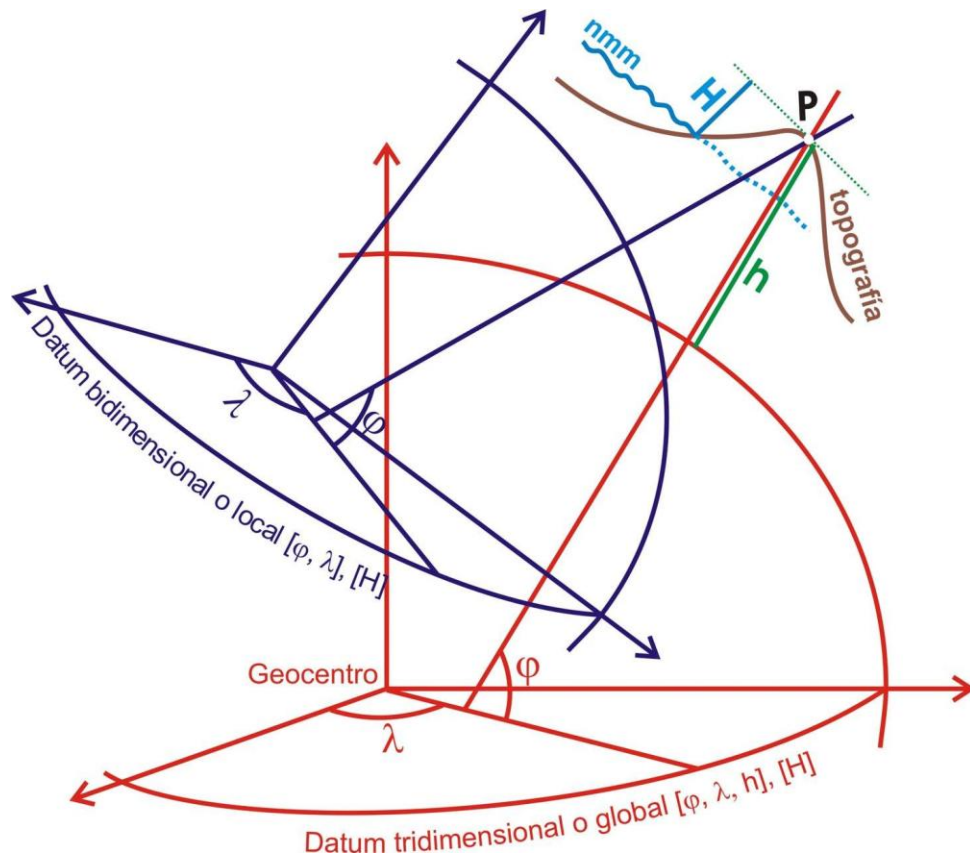


Figura 4: Datum geodésicos horizontales $[\phi, \lambda], [H]$ y tridimensionales $[\phi, \lambda, h], [H]$.

1.7 TIPOS DE COORDENADAS MANEJADOS EN COLOMBIA

En Colombia se utilizan básicamente tres tipos de coordenadas: las cartesianas tridimensionales, las curvilíneas o elipsoidales y las planas de proyección, las cuales pueden ser Gauss-Krüger o cartesianas bidimensionales. Si bien, cada uno de estos tipos tiene sus ventajas y desventajas, en esencia, son tres formas diferentes, pero equivalentes, de establecer la ubicación geográfica de un punto.

En las siguientes secciones se presentan las definiciones correspondientes y la formulación que permite la conversión entre los diferentes tipos de coordenadas.

1.7.1 Coordenadas cartesianas tridimensionales:

Corresponden con la extensión, en metros, de las líneas paralelas a los tres ejes coordenados $[X, Y, Z]$ que se extienden entre el punto y su intersección con cada eje (figura 5). La ubicación geográfica del punto se expresa unívocamente con la tripleta $[X_p, Y_p, Z_p]$. Si el origen del sistema cartesiano $[X=0, Y=0, Z=0]$ coincide con el centro de masas terrestre, éstas se definen como coordenadas cartesianas geocéntricas.

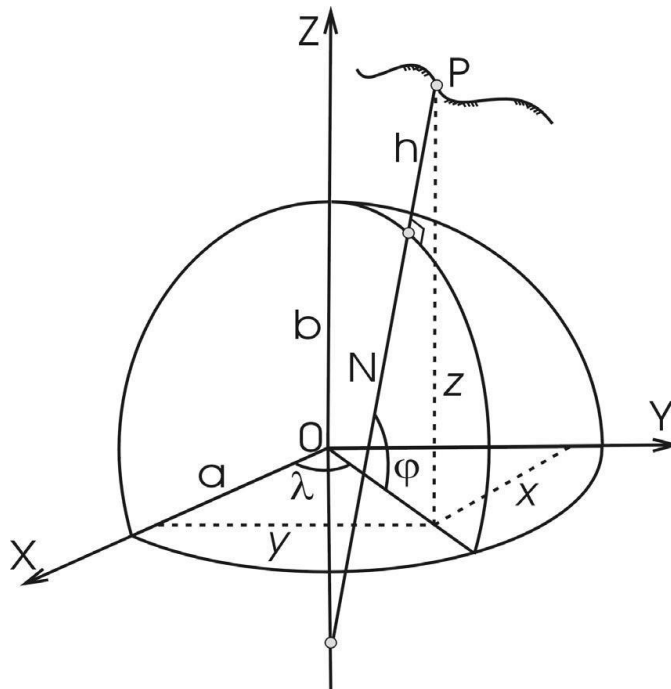


Figura 5: Coordenadas cartesianas tridimensionales $[X, Y, Z]$ y elipsoidales $[\phi, \lambda, h]$.

La principal ventaja de este tipo de coordenadas es que son independientes del elipsoide y permiten la referenciación de puntos u objetos alejados de la superficie terrestre, como por ejemplo los satélites. De allí, estas coordenadas se obtienen primariamente en el posicionamiento basado en técnicas espaciales (sistemas GNSS).

1.7.2 Coordenadas elipsoidales:

También conocidas como geográficas o curvilíneas, corresponden con las cantidades latitud y longitud, las cuales se expresan en el sistema sexagesimal de grados, minutos y segundos. La latitud (ϕ) se define como el ángulo entre el plano ecuatorial y la normal (N) al elipsoide que pasa por el punto de interés (figura 5); es positiva hacia el norte de la línea ecuatorial y negativa hacia el sur. Su rango está dado por $-90^\circ \leq \phi \leq +90^\circ$ o $90^\circ \text{ S} \leq \phi \leq 90^\circ \text{ N}$.

La longitud (λ) es el ángulo, medido sobre el plano ecuatorial, entre el meridiano de referencia (normalmente Greenwich) y el meridiano del punto de interés (figura 5); es positiva al este de Greenwich y negativa hacia el oeste. Su rango se define mediante $-180^\circ \leq \lambda \leq +180^\circ$ o $180^\circ \text{ W} \leq \lambda \leq 180^\circ \text{ E}$, lo que también equivale a $0^\circ \leq \lambda \leq 360^\circ$.

Los valores de la latitud y la longitud están en función del tamaño, forma y ubicación del elipsoide de referencia seleccionado, es decir, que dependen completamente del datum geodésico; pero una vez ésta se ha definido, sus valores son unívocos. La tercera dimensión en este tipo de coordenadas está dada por la altura elipsoidal, la cual equivale a la distancia, medida a lo largo de la normal elipsoidal que pasa por el punto de interés, entre la superficie del elipsoide y dicho punto (figura 5); ésta se expresa en metros.

1.7.3 Coordenadas planas:

Mercator (ANEXO 1) fue el primer cartógrafo que diseñó una proyección de este tipo, que es la que actualmente lleva su nombre. Para su desarrollo partió de una proyección no conforme como es la cilíndrica gnomónica directa (proyección efectuada sobre un cilindro tangente al Ecuador desde el centro de la Tierra. Figura 6.

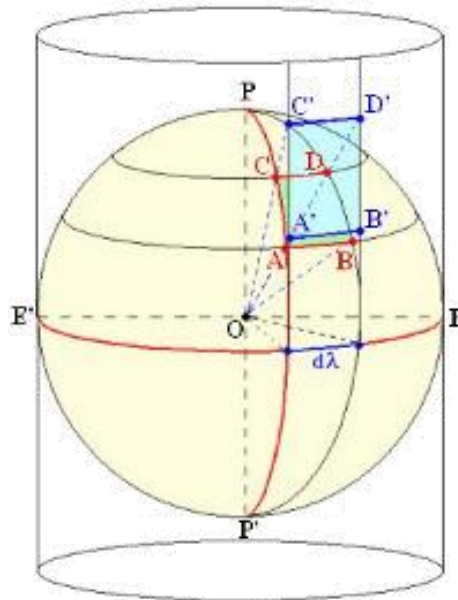


Figura 6: Proyección UTM (Coordenadas planas)

[Tomando de: <http://gabrielortiz.com/index.asp?Info=080>]

Su idea fue la de calcular en qué cantidad debería alterar la distancia entre paralelos de esa proyección, como los A'B' y C'D' de la Figura 7, para que las deformaciones de la proyección en la dirección de la latitud fuesen iguales a las existentes en la dirección de la longitud, consiguiendo así la conservación de los ángulos, y por tanto, la conformidad.

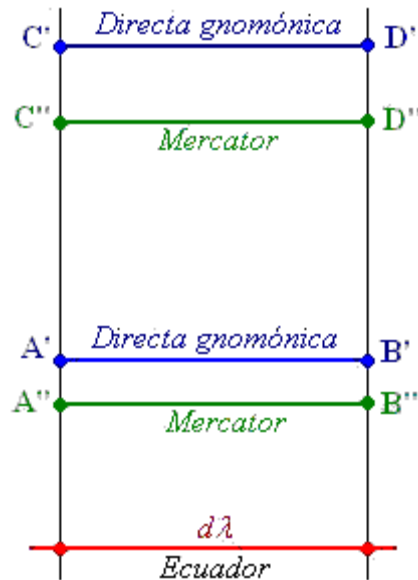


Figura 7: Líneas de Referencia para un área plana de proyección.

Una vez finalizado su desarrollo, llegó a la conclusión de que los paralelos, en el plano de representación, deberían estar separados una distancia infinitesimal igual a la existente entre ellos sobre la superficie de la Tierra pero multiplicada por el factor:

$$\frac{a}{N \cos \varphi}$$

Ecuación 1

En la Ecuación 1 es:

a = semieje mayor del elipsoide que se toma como referencia para la figura de la Tierra.

N = la gran normal en el punto de latitud φ , que define el paralelo en cuestión, y que se calcula según:

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}} \quad \text{Ecuación 2}$$

donde $e^2 = (2f - f^2)$ **Ecuación 3**

En la que e es el valor de la primera excentricidad del elipsoide y f es el aplanamiento del elipsoide. Para llegar a esta conclusión y las consideraciones que siguen a continuación, se ha tomado y se tomará como superficie de referencia de la Tierra, la del elipsoide de revolución, de manera que las fórmulas que se exponen sean de aplicación directa para cualquier datum geodésico de referencia que se adopte.

Siguiendo con el desarrollo de Mercator, teniendo en cuenta la Ecuación 1 y efectuando la integral correspondiente para pasar de elementos diferenciales a distancias concretas sobre la Tierra, se deduce que en el plano de representación de la Mercator, las distancias que separan cada paralelo del Ecuador son menores que las correspondientes de la proyección cilíndrica gnomónica directa, tal como se muestra en la Figura 7. El resultado de ese desarrollo da las expresiones analíticas de la proyección Mercator que son:

$$\begin{aligned} x &= a \lambda \\ y &= a \Phi = a L \left[\tan \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right) \left(\frac{1 - e \sin \varphi}{1 + e \sin \varphi} \right)^{e/2} \right] \end{aligned}$$

Ecuación 4

λ = Latitud geográfica medida en Radianes.

φ = Longitud geográfica medida en Radianes.

El parámetro ϕ de la segunda ecuación se denomina latitud aumentada o latitud creciente.

De acuerdo a estas fórmulas, se puede afirmar que el sistema de referencia ortogonal OXY (Figura 9), del plano de representación, tendrá su origen en el punto de cruce del meridiano de Greenwich con el Ecuador, ya que para $x = 0$ e $y = 0$, han de ser $\varphi = 0$ y $\lambda = 0$ (Figura 8). Además, para $\varphi = 0$ siempre será $y = 0$, por lo que el eje X coincide con la transformada del Ecuador. Para $\lambda = 0$ siempre será $x = 0$, por lo que el eje Y coincide con la transformada del meridiano de Greenwich.

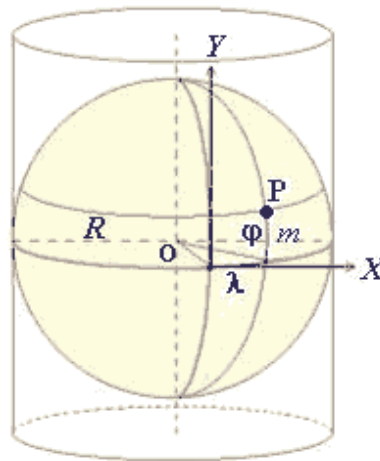


Figura 8: Origen Geográfico de coordenadas UTM

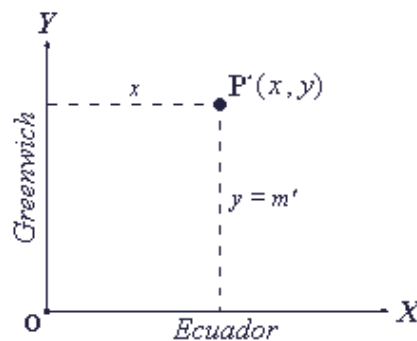


Figura 9: Plano de representación coordenadas UTM

1.7.4 Proyección cartográfica Gauss-Krüger:

La proyección cartográfica oficial de Colombia es el sistema Gauss-Krüger. Éste es una representación conforme del elipsoide sobre un plano, es decir, que el ángulo formado entre dos líneas sobre la superficie terrestre se mantiene al ser éstas proyectadas sobre el plano. Los meridianos y paralelos se interceptan perpendicularmente, pero no son líneas rectas, sino curvas complejas, excepto el meridiano central (de tangencia) y el paralelo de referencia (figura 10). La escala de la representación permanece constante sobre el meridiano central, pero ésta varía al alejarse de aquel, introduciendo deformaciones en función de la longitud (λ). Por tal razón, el desarrollo de la proyección se controla mediante husos, que en el caso de Colombia se extienden $1,5^\circ$ al lado y lado del meridiano central.

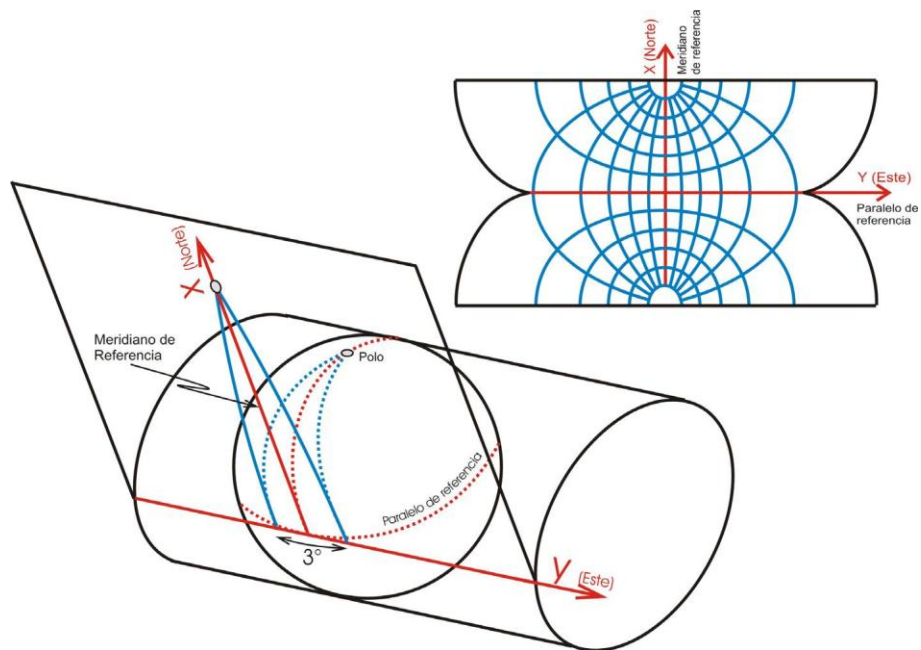


Figura 10: Sistema de proyección cartográfica Gauss-Krüger

El sistema de proyección UTM (*Universal Transverse Mercator*) corresponde con el de Gauss-Krüger, sólo que utiliza un factor de escala equivalente a $m = 0,9996$ para el meridiano central y husos de 6° .

En Colombia, el origen principal de las coordenadas Gauss-Krüger se definió en la pilastra sur del Observatorio Astronómico de Bogotá, asignándose los valores $N = 1\,000\,000\text{ m}$ y $E = 1\,000\,000\text{ m}$. Los orígenes complementarios se han establecido a 3° y 6° de longitud al este y oeste de dicho punto. Este sistema se utiliza para la elaboración de cartografía a escalas menores que $1:1\,500\,000$, donde se proyecta la totalidad del territorio nacional. También se utiliza para cartografía a escalas entre $1:10\,000$ y $1:500\,000$ de las comarcas comprendidas en la zona de 3° correspondiente.

Las coordenadas MAGNA-SIRGAS de los orígenes Gauss-Krüger en Colombia corresponden con:

Origen	Coordenadas Elipsoidales		Coordenadas Gauss-Krüger	
	Latitud (N)	Longitud (W)	Norte [m]	Este [m]
Bogotá-MAGNA	$4^\circ 35' 46,3215''$	$74^\circ 04' 39,0285''$	1 000 000,0	1 000 000,0
Este Central - MAGNA	$4^\circ 35' 46,3215''$	$71^\circ 04' 39,0285''$	1 000 000,0	1 000 000,0
Este Este - MAGNA	$4^\circ 35' 46,3215''$	$68^\circ 04' 39,0285''$	1 000 000,0	1 000 000,0
Oeste - MAGNA	$4^\circ 35' 46,3215''$	$77^\circ 04' 39,0285''$	1 000 000,0	1 000 000,0
Oeste Oeste - MAGNA	$4^\circ 35' 46,3215''$	$80^\circ 04' 39,0285''$	1 000 000,0	1 000 000,0

Tabla 1: Coordenadas MAGNA-SIRGAS de los orígenes de las zonas de proyección Gauss-Krüger en Colombia

Origen	Coordenadas Elipsoidales		Coordenadas gaus-Krüger	
	Latitud (N)	Longitud (W)	Norte [m]	Este [m]
Bogotá - BOGOTÁ	$4^\circ 35' 56,57''$	$74^\circ 04' 51,30''$	1 000 000,0	1 000 000,0
Este Central - BOGOTÁ	$4^\circ 35' 56,57''$	$71^\circ 04' 51,30''$	1 000 000,0	1 000 000,0
Este Este - BOGOTÁ	$4^\circ 35' 56,57''$	$68^\circ 04' 51,30''$	1 000 000,0	1 000 000,0
Oeste - BOGOTÁ	$4^\circ 35' 56,57''$	$77^\circ 04' 51,30''$	1 000 000,0	1 000 000,0
Oeste Oeste - BOGOTÁ	$4^\circ 35' 56,57''$	$80^\circ 04' 51,30''$	1 000 000,0	1 000 000,0

Tabla 2: Coordenadas en Datum BOGOTÁ de los orígenes de las zonas de proyección Gauss-Krüger en Colombia

Dado el requerimiento propio de la proyección Gauss-Krüger de introducir varios orígenes para la representación cartográfica del territorio colombiano, pueden presentarse puntos diferentes con valores de coordenadas idénticos, de allí debe prestarse especial atención al huso o zona en la que se encuentra el punto de interés, de modo que se eviten incongruencias al obtener coordenadas geográficas a partir de las planas (N, E).

1.8 CONVERSIÓN DE COORDENADAS

Los tipos de coordenadas expuestos anteriormente presentan relaciones geométricas entre sí que permiten el paso de uno a otro mediante formulaciones matemáticas rigurosas. No obstante, como estas coordenadas, exceptuando las cartesianas tridimensionales, dependen del elipsoide de referencia utilizado, es necesario tener claridad en los parámetros geométricos a utilizar. En el caso de Colombia, el elipsoide asociado al Datum BOGOTÁ es el Internacional de 1924 o de Hayford, mientras que para MAGNA-SIRGAS es el GRS80.

1.8.1 Constantes del elipsoide GRS80 (Geodetic Reference System, 1980):

El elipsoide GRS80 fue definido y adoptado oficialmente por la Asociación Internacional de Geodesia (AIG: *International Association of Geodesy*) de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica (IUGG: *International Union of Geodesy and*

Geophysics) en 1979. Éste es el elipsoide asociado al ITRS y por tanto, a SIRGAS y a MAGNA. En la práctica equivale al elipsoide WGS84. Sus constantes son:

Constante	Relación matemática	Valor
Semieje mayor (a)	Constante definida	$a = 6\,378\,137.000\text{ m}$
Constante gravitacional geocéntrica (GM)	Constante definida	$GM = 3\,896\,005 \cdot 10^8\text{ m}^3\text{ s}^{-2}$
Factor de aplamamiento dinámico (J_2)	Constante definida	$J_2 = 108\,263 \cdot 10^{-8}$
Velocidad angular de rotación (ω)	Constante definida	$\omega = 7\,292\,115 \cdot 10^{11}\text{ rad s}^{-1}$
Primera excentricidad (e^2)	Cálculo iterativo a partir de a , GM , J_2 , ω	$e^2 = 6,694\,380\,022\,90 \cdot 10^{-3}$
Segunda excentricidad (e'^2)	$e'^2 = \frac{e^2}{1-e^2}$	$e'^2 = 6,739\,496\,775\,48 \cdot 10^{-3}$
Semieje menor (b)	$b = a\sqrt{1-e^2}$	$b = 6\,356\,752,314\,14\text{ m}$
Aplamamiento recíproco ($1/f$)	$f = \frac{a-b}{a}$	$1/f = 298,257\,222\,101$

Tabla 3: Constantes del elipsoide GRS80

1.9 TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS

La conversión de coordenadas establece la relación matemática entre diferentes tipos de coordenadas referidas siempre al mismo datum, mientras que, el cambio de las coordenadas de un mismo punto referido a datum diferentes, se obtiene a través de la transformación de coordenadas. Dicha transformación puede hacerse utilizando coordenadas cartesianas o geográficas en dos o en tres dimensiones. Para el efecto, se derivan, empíricamente, los parámetros de transformación a

partir de puntos comunes a los dos datum de interés. Para una mayor comprensión y formulación a utilizar en una transformación de coordenadas, referirse al ANEXO 2.

2 MODULO SIG

2.1 INTRODUCCIÓN

Un gráfico es una forma de representación que incorpora elementos textuales y gráficos que trabajan conjuntamente para transmitir información, mensajes, conocimientos a los espectadores o usuarios finales. Los gráficos están compuestos de diferentes elementos: colores, contornos, texturas, proporciones y movimiento, que, interrelacionados, expresan un significado que el espectador interpreta de acuerdo con su subjetividad, sus experiencias y su contexto cultural. Las fotografías, dibujos y otras imágenes estáticas pueden llevarse a un formato que la computadora pueda manipular y presentar. Entre esos formatos están los gráficos de mapas de bits y los gráficos vectoriales. Comprender a profundidad la diferencia entre las dos categorías facilita la creación, edición e importación de las ilustraciones para su incorporación.

A lo largo del desarrollo de este informe vamos a dar una mirada a todos estos conceptos, proporcionando definiciones, características, ventajas y desventajas de ambos formatos de almacenamiento de imágenes [8].

2.2 GRAFICOS RASTER (MAPA DE BITS)

Las imágenes de mapa de bits (*bitmaps* o imágenes **raster**, como se las llamaba en un principio) están formadas por una rejilla de celdas, a cada una de las cuales, denominada píxel (*Picture Element*, Elemento de Imagen), se le asigna un valor de

color e iluminación propios, de tal forma que su agrupación crea la ilusión de una imagen de tono continuo.

Por lo tanto, un píxel es una unidad de información, pero no una unidad de medida, ya que no se corresponde con un tamaño concreto. Un píxel puede ser muy pequeño (0.1 milímetros) o muy grande (1 metro).

Los archivos de mapa de bits son óptimos para el almacenamiento de imágenes del mundo real; las imágenes complejas pueden ser digitalizadas conjuntamente con el vídeo, la exploración, y el equipo fotográfico y almacenado en un formato de mapa de bits. Entre sus ventajas mencionamos las siguientes:

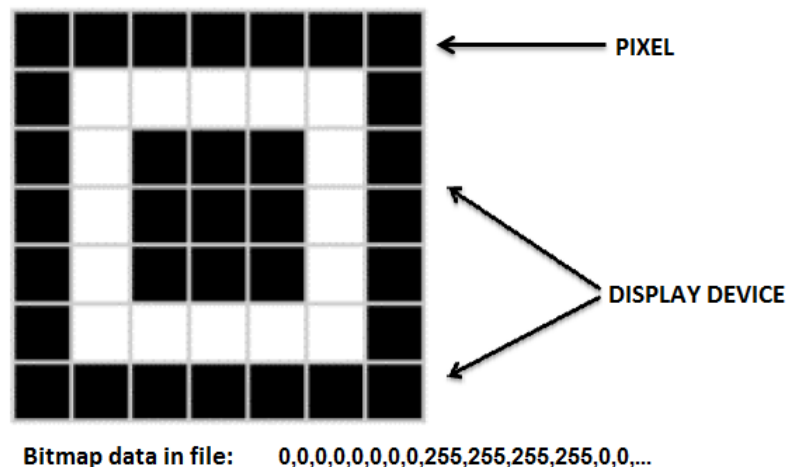


Figura 11. Imagen tipo raster

[Tomado de: <http://juansanchez.webcindario.com/trabajos/fgraficos.pdf>]

2.2.1 Características

Cuando se modifica una imagen de mapa de bits en su tamaño, se modifican grupos de píxeles, no los objetos o figuras que contiene, por lo que estos suelen

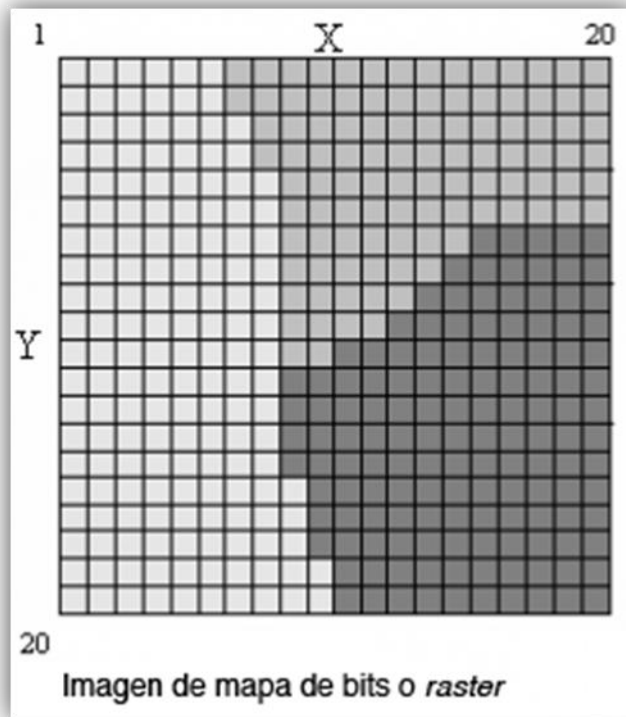
deformarse o perder alguno de los píxeles que los definen. Es por ello que una imagen de mapa de bits está diseñada para un tamaño determinado, perdiendo calidad si se modifican sus dimensiones. Esta pérdida depende de la resolución a la que se ha definido la imagen.

2.2.2 Ventajas y Desventajas

Los gráficos de mapa de bits se obtienen normalmente a partir de capturas de originales en papel utilizando escáneres, cámaras digitales o directamente en programas de diseño gráfico. También pueden obtenerse de innumerables sitios en Internet que ofrecen imágenes de este tipo.

Los archivos de mapa de bits son óptimos para el almacenamiento de imágenes del mundo real; las imágenes complejas pueden ser digitalizadas conjuntamente con el vídeo, la exploración, y el equipo fotográfico y almacenado en un formato de mapa de bits. Entre sus ventajas mencionamos las siguientes:

Los archivos de mapa de bits se pueden crear fácilmente de los datos existentes de un píxel almacenados en un rango de memoria.



La recuperación de los datos de un píxel almacenados en un archivo de mapa de bits puede ser lograda a menudo usando un sistema de coordenadas que permite que los datos sean conceptualizados como una rejilla.

- Los valores del píxel se pueden modificar individualmente o como grupos grandes haciendo

Figura 12. Imagen de mapa de bits o raster

- Estos archivos pueden ser visualizados correctamente en los dispositivos de salida de formato punto tales como pantallas de rayos catódicos (CRTs), pantallas de cristal líquido (LCD) y los diversos tipos de impresoras.

Los archivos a memoria de imagen, sin embargo, tienen también desventajas:

- Pueden ser muy grandes, particularmente si la imagen contiene una gran cantidad de colores. La compresión de datos puede contraer el tamaño de los datos de los píxeles, pero los datos deben ser ampliados antes de que puedan ser utilizados, y esto puede retrasar considerablemente la lectura y de la representación del proceso. También, a más complejidad de una

imagen de mapa de bits (número grande de colores y detalle minucioso), menos eficiente será el proceso de compresión.

- Contraer una imagen puede alterar una manera inaceptable, al igual que ampliando la imagen a través de la réplica de píxeles. Debido a esto, los archivos a memoria de imagen se deben imprimir generalmente en la resolución en los cuales fueron almacenados originalmente.

2.3 GRÁFICOS VECTORIALES

Los gráficos vectoriales, también conocidos como gráficos orientados a objetos, son el segundo importante grupo de imágenes digitales. Son más sencillos que los gráficos de mapas de bits, ya que en ellos las imágenes se almacenan y representan por medio de trazos geométricos controlados por cálculos y fórmulas matemáticas, tomando algunos puntos de la imagen como referencia para construir el resto.

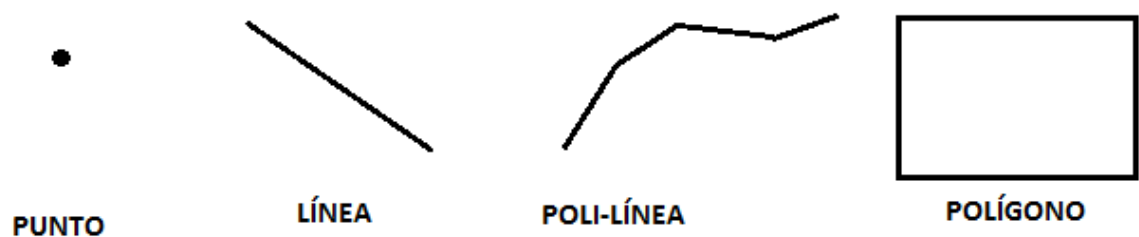


Figura 14. Geometrías básicas para mapas vectoriales

2.3.1 Características

Las imágenes en los gráficos vectoriales no se construyen píxel a píxel, sino que se forman a partir de vectores, los cuales son objetos formados por una serie de puntos y líneas rectas o curvas definidas matemáticamente. Por ejemplo, una línea se define en un gráfico de mapa de bits mediante las propiedades de cada uno de los píxeles que la forman, mientras que en un gráfico vectorial se hace por la posición de sus puntos inicial y final y por una función que describe el camino entre ellos. Análogamente, un círculo se define vectorialmente por la posición de su punto central (coordenadas x e y) y por su radio (r).

Cada vector en un gráfico vectorial tiene una línea de contorno, con un color y un grosor determinados, y está relleno de un color a elegir. Las características de contorno y relleno se pueden cambiar en cualquier momento sin alterar el resto de los trazos.

Las imágenes vectoriales se almacenan como una lista que describe cada uno de sus vectores componentes, su posición y sus propiedades. En cuanto a la resolución, los gráficos vectoriales son independientes de la resolución, ya que no dependen de una retícula de píxeles dada. Por lo tanto, tienen la máxima resolución que permite el formato en que se almacena.

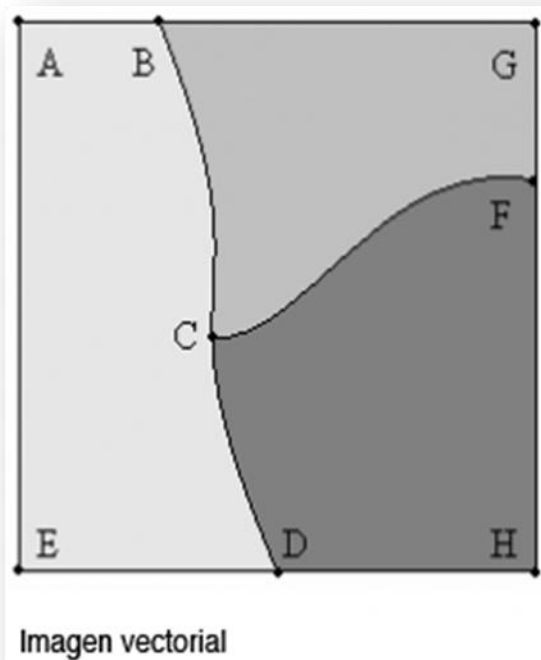
2.3.2 Ventajas y Desventajas

Entre las ventajas de los gráficos vectoriales podemos citar:

- Los archivos vectoriales son útiles para almacenar imágenes elaboradas por elementos de línea de base como líneas y polígonos, o pueden ser

descompuestas en objetos geométricos o textos. Muchos formatos sofisticados pueden soportar objetos 3D, tales como poliedros.

- Gráficos vectoriales pueden ser fácilmente cambiados de tamaño y manipulados para adaptar la resolución de una amplia gama de dispositivos de salida.
- Muchos archivos vectoriales que contienen datos en código ASCII pueden ser modificados utilizando editores de texto. Elementos individuales pueden ser añadidos, eliminados o cambiados de posición sin afectar otros objetos dentro de la imagen.



- Los datos vectoriales son fáciles de exportar y grabar en un archivo de mapa de bits, o, alternativamente, convertir la información a otro formato vectorial, con buenos resultados.

Figura 15. Imagen vectorial

Sin embargo, algunas desventajas de los gráficos vectoriales incluyen las siguientes:

- Los archivos gráficos vectoriales no pueden ser usados fácilmente para grabar archivos complejos, como algunas fotografías, donde la información del color es superior y puede variar de píxel a píxel.
- La apariencia de las imágenes puede variar considerablemente dependiendo de cómo la aplicación interpreta la imagen. Factores incluyen la compatibilidad para mostrar los gráficos entre la aplicación que se usó para crear la imagen y otra distinta, y la complejidad de las herramientas geométricas y las operaciones de dibujo.
- Los gráficos vectoriales también se visualizan mejor en dispositivos vectoriales de salida tales como impresoras y dispositivos de escaneo aleatorio. Dispositivos de alta resolución son necesarios para mostrar imágenes con este formato adecuadamente.
- La reconstrucción de datos vectoriales puede tomar mucho más tiempo que los mismos datos contenidos en un archivo de mapa de bits de complejidad similar, porque cada elemento de imagen debe ser dibujado individualmente y en secuencia.

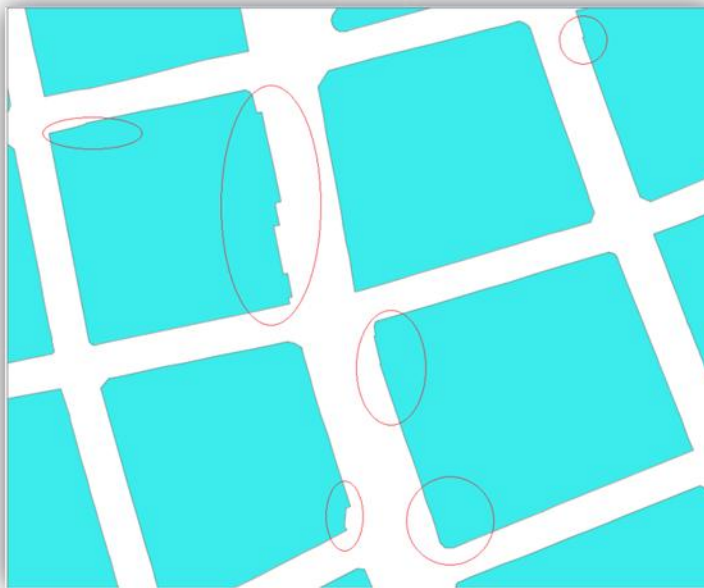
2.4 REFINAMIENTO DE GEOMETRIAS INVOLUCRADAS

En el manejo de mapas vectoriales por parte del Modelo RMC, se realiza la petición a la base de datos de las geometrías urbanísticas producto de la intersección con la ROI. Las geometrías de los mapas albergados en la base de

datos tuvieron que ser tratadas previamente, debido a la distorsión en algunas geometrías durante el proceso de digitalización.

Como producto de la digitalización de los mapas por parte de los cartógrafos, la mayor parte de los polígonos presentan un uso excesivo de líneas (poli-líneas) debido a los métodos discretos y digitales de dibujo utilizados. Esto conlleva a un incrementando del tiempo de ejecución de la herramienta de simulación que actúa sobre la ROI, debido al número de efectos electromagnéticos que se presentan por cada línea que compone un polígono. Esto repercute en la eficiencia y tiempo de ejecución que presta la herramienta como un servicio web.

Al abrir estos mapas digitalizados, se aprecia algunos casos en los que el refinamiento se hace necesario.



Para lograr un manejo óptimo de la herramienta de simulación y del algoritmo de simulación como tal, se hace necesario trabajar digitalmente estos errores de aproximación con un software especializado en creación y edición de mapas.

Figura 16. Mapa vectorial con deformaciones tipo poli-línea por defecto

Un shapefile [9] es un formato multi-archivo, es decir está generado por varios ficheros informáticos. El número mínimo requerido es de tres y tienen las extensiones siguientes:

- shp - es el archivo que almacena las entidades geométricas de los objetos.
- shx - es el archivo que almacena el índice de las entidades geométricas.
- dbf - el dBASE, o base de datos, es el archivo que almacena la información de los atributos de los objetos.

Además de estos tres archivos requeridos, opcionalmente se pueden utilizar otros para mejorar el funcionamiento en las operaciones de consulta a la base de datos, información sobre la proyección cartográfica, o almacenamiento de metadatos. Estos archivos son:

- sbn y sbx - Almacena el índice espacial de las entidades.
- fbn y fbx - Almacena el índice espacial de las entidades para los *shapefiles* que son inalterables (solo lectura).
- ain y aih - Almacena el índice de atributo de los campos activos en una tabla o el tema de la tabla de atributos.
- prj - Es el archivo que guarda la información referida al sistema de coordenadas.
- shp.xml - Almacena los metadatos del *shapefile*.

AutoCAD Map3D es un software muy empleado en la elaboración y edición de todo tipo de archivos de dibujo, incluyendo los mapas vectoriales. Incluye un módulo de conexión a archivos ESRI-shape, los cuales son cargados al entorno con todas las características que constituye un *shapefile*.

Una vez hecha la conexión, el mapa que se muestra en el entorno AutoCAD, no posee las características que identifican un plano de dibujo, lo cual imposibilita la aplicación de comandos y procedimientos para figuras de dibujo.

Es necesario convertir el archivo .shp en una extensión válida para AutoCAD Map3D, lo cual se logra guardando la imagen visualizada como un archivo .dwg, el cual pierde todas las dependencias de archivos adjuntos al shape, pero permite el uso de herramientas de edición de dibujo, lo cual permite el tratamiento y refinado pertinente en estos mapas, eliminando defectos tales como poli-líneas en exceso e interpolación de líneas y polígonos. Debido a su complejidad, el procedimiento completo se encuentra documentado en el ANEXO 3.

De igual manera, algunos planos de dibujo con extensión .dwg debían ser tratados con AutoCAD Map3D para eliminar imperfecciones. Siendo planos de dibujo nativos de AutoCAD, carecen de georreferenciación, por lo que se hace necesario añadirle este componente SIG para su exportación como archivos Shape y su posterior envío hacia la base de datos espacial. Los detalles sobre este procedimiento están documentados en el ANEXO 4.



Figura 17. Proceso de Refinado geométrico para mapas Shape.

El refinado de los mapas colabora en gran medida con la algoritmia del modelo RMC, el cual permite reducir en gran medida el número de fuentes hijas o ficticias que se crean para simular la dispersión de la radiación entre los edificios y demás elementos urbanísticos.

Otros de los inconvenientes que trae el manejo de información georreferenciada, consiste en la proyección adecuada para los mapas trabajados. Las bases de datos espaciales pueden albergar toda clase de datos geográficos en casi cualquier tipo de proyección. En este caso se hizo necesario trabajar dos geoproyecciones para los mismos mapas.

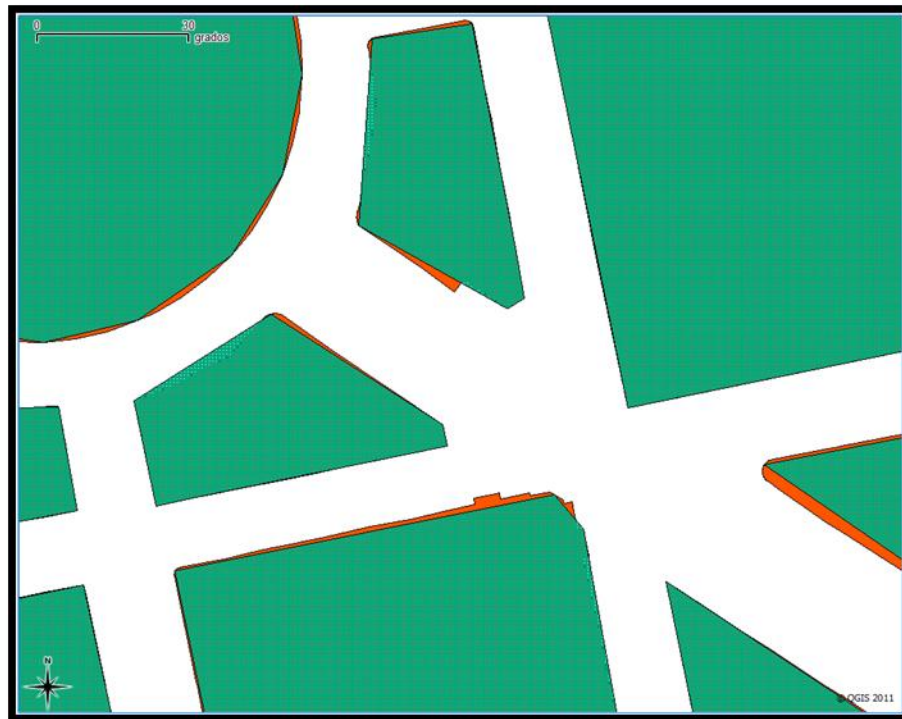


Figura 18. Superposición de mapas *Shape* por defecto y refinado.

En la figura 17 se muestra la superposición de un mapa *shape* por defecto y su posterior resultado una vez aplicado el proceso de refinamiento, donde se observan las poli-líneas en exceso y geometrías poco adecuadas para la aplicación del algoritmo de radiopropagación RMC. A simple vista los cambios parecen poco significativos, pero su repercusión en el cálculo y tiempo de ejecución del algoritmo sobre él, resultan importantes.

2.5 FUENTE DE DATOS DE POSICIONAMIENTO Y REFERENCIA EN MAPAS

El uso del Geoportal para acceder a la simulación de radiopropagación de antenas microcelda consume recursos geográficos de la herramienta web GoogleMaps, la cual trabaja sus mapas con una geo-proyección (Datum) estándar conocida como

WGS84. Tanto las coordenadas de posicionamiento de antena como puntos de selección para la ROI están dados bajo estos parámetros.

Para mayor detalle en sistemas de Geo-proyección se dispone del ANEXO 2.

La ROI es especificada dentro del entorno GoogleMaps, y sus vértices son re-proyectado de WGS84 a MAGNA SIRGAS/ Bogotá Colombia Zone, lo cual actúa como un traductor de acople entre la visualización de mapas GoogleMaps ajustados dentro del Geoportal y la información geográfica almacenada en PostgreSQL-PostGIS.

2.6 EXPORTACION SHAPE HACIA LA BASE DE DATOS ESPACIAL

Para exportar un mapa Shape se dispone de varios métodos. En esta sección se emplean especialmente 2 procedimientos, los cuales se encuentran detallados en el ANEXO 5.

Básicamente consiste en la manera como una vez concluida la edición y depuración en los mapas Shape, se hace uso de la tabla de atributos asociada con el archivo de geometrías para crear una nueva tabla espacial en la Base de Datos.

Una vez refinados los mapas, se usó el programa gvSIG, el cual brinda una menú de geoprocursos[♦] dentro del cual se encuentra la re-proyección geográfica. Este procedimiento se usó para pasar del Datum WGS-84 al MAGNA SIRGAS/ Bogotá Colombia Zone. Una vez culminada la re-proyección se exportan los respectivos

[♦] Procesos de análisis y síntesis aplicados a mapas, ya sean Vectoriales o Raster

archivos *shape* asociados para dar paso a la gestión de Base de Datos espaciales por medio de sentencias SQL y los respectivos conceptos en base de datos.

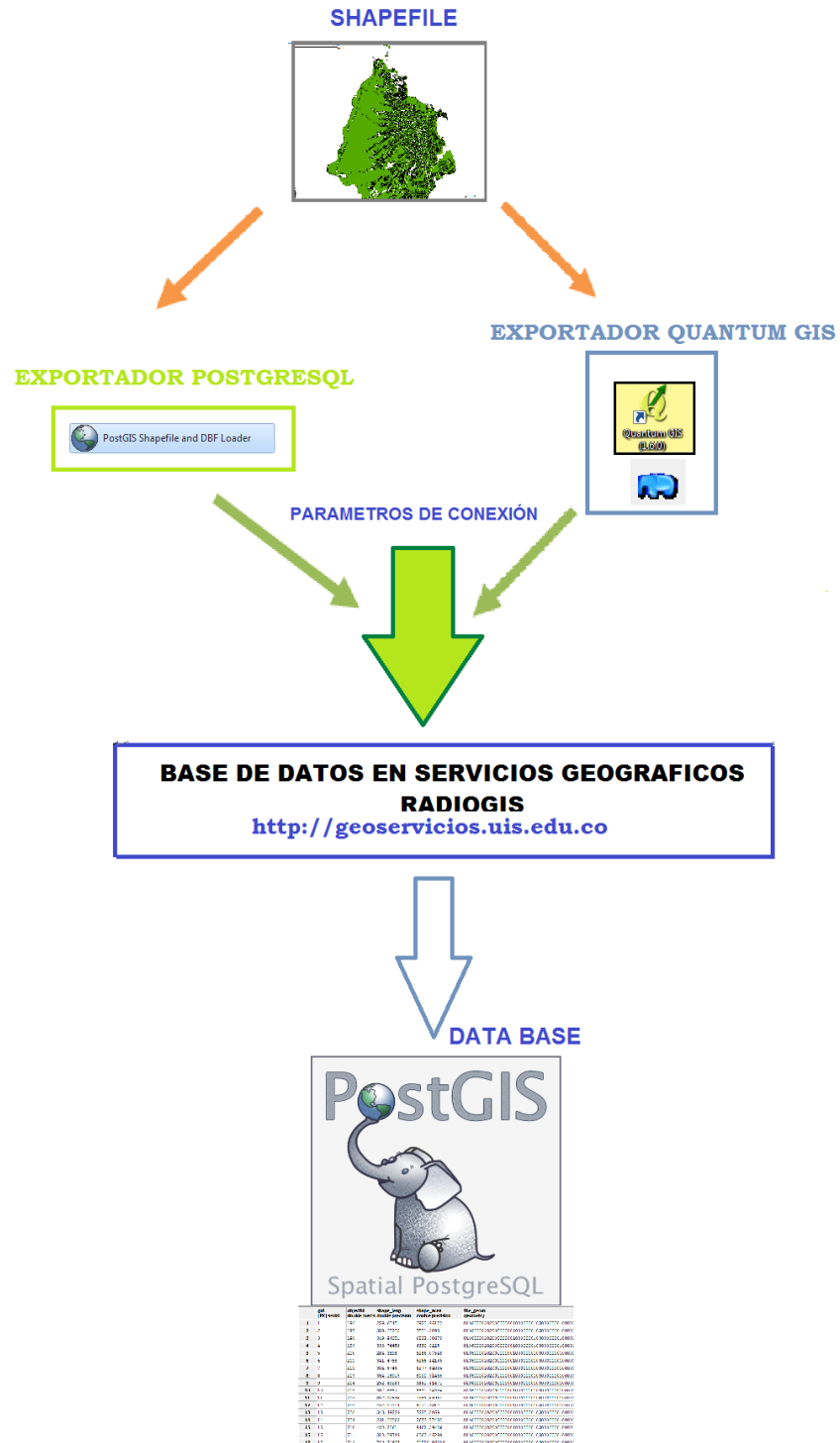


Figura 19. Proceso de exportación de mapas Shape hacia la base de datos

3 MÓDULO BASE DE DATOS

3.1 INTRODUCCIÓN

Una base de datos espacial es una colección de datos referenciados espacialmente, que actúan como un modelo de la realidad; en el sentido de que ella representa una serie o aproximación de fenómenos. Esos fenómenos seleccionados son considerados suficientemente importantes para ser representados en forma digital.

Las bases de datos espaciales necesitan contar con procedimientos que hagan posible su mantenimiento en lo que respecta a su documentación así como su administración. La eficiencia estará sujeta a los diferentes tipos de datos almacenados en diferentes estructuras y los objetos espaciales estarán organizados por capas de información. La modelación del mundo real por medio de entidades primitivas de dibujo sigue reglas que constituyen el modelo de datos. Para ser un poco más general podemos plantear que una base de datos espacial es un sistema administrador de bases de datos que se encarga del manejo de datos espaciales, que debe ser capaz de gestionar asimismo la localización y relación entre objetos definidas por un marco de referencia establecido por el espacio. Por lo general el espacio utilizado es el físico, por sus posibilidades de perceptibilidad, manipulación y porque sirve de referencia. Evidentemente es necesario lograr una alta abstracción para lograr traducir la complejidad del mundo real a una representación simple que puedan asimilar las computadoras. Inicialmente se concibe la estructura de la base de datos, por lo general en capas y luego si se llega a determinar su necesidad se seleccionan capas temáticas que se pueden incluir [10].

3.2 DISEÑO DE BASE DE DATOS

Al diseñar una base de datos hay que tener en cuenta: el desarrollo de su estructura, la definición de sus contenidos y la determinación de los datos.

- a) Diseño de Modelo Conceptual
- b) Diseño del Modelo Lógico
- c) Diseño del Modelo Físico

a) **Diseño de Modelo Conceptual**

Conciernen a la forma en cómo están caracterizados las entidades del mundo real cuando se almacenan en la base de datos.

b) **Diseño del Modelo Lógico**

Se encarga de detallar el modelo conceptual (donde se encuentra la descripción de cada una de las entidades) así como de desarrollarlo completamente, del diseño de las tablas, los niveles de información gráfica, con sus atributos, relaciones, identificadores, longitud del dato, tipo de dato, y geometría (punto, línea o polígono); que constituyen la base de datos espacial.

Ambos modelos (conceptual y lógico), tienen independencia de los programas y equipos que se vayan a utilizar; de la correcta concepción de ellos depende el correcto funcionamiento y el éxito del Sistema de información geográfica (SIG).

c) **Diseño del Modelo Físico**

Se corresponde con la implementación de la base de datos espacial en un software o programa en particular. Las especificaciones estarán dadas por el software a utilizar.

Diccionario de Datos.

Los software de gestión de bases de datos convencionales y de bases de datos espaciales, posibilitan generar el diccionario de datos automáticamente. Ahí están contenidos la denominación técnica de las entidades, fuente de los datos, su definición, geometría, atributos, criterio de registro, dominio, relaciones y restricciones, etc.

3.3 DATOS ESPACIALES

Un modelo de datos geográfico es una abstracción del mundo real que utiliza un conjunto de objetos dato, para dar soporte al despliegue de mapas, consultas, edición y análisis. Mediante mapas y símbolos se representan de manera subjetiva los datos geográficos que son la traducción de la geografía real utilizando formas geométricas a los cuales se le asocian atributos que los definen y describen. Normalmente se utilizan datos vectoriales, los cuales pueden ser expresados mediante tres tipos de objetos espaciales.

Puntos

Están determinados por las coordenadas terrestres medidas por latitud y longitud. Por ejemplo, antenas, centros de interés cultural, vértices, etc.

Líneas

Describen objetos formados por la unión de varios puntos o nodos. Ejemplo de ellas son las carreteras, ríos, líneas de transmisión.

Polígonos

Objetos que definen un área determinada como por ejemplo edificios, lagos, países. Otra manera de representar los datos espaciales es mediante rasterización, este método posibilita asociar datos a una imagen; dicho de otra manera, permite establecer una relación entre paquetes de información y píxeles de una imagen digitalizada.

De igual manera un dato espacial se caracteriza por su naturaleza georeferenciada y multidireccional. La georreferenciación se refiere a que la posición relativa o absoluta de cualquier elemento sobre el espacio contiene información valiosa, pues la localización debe considerarse explícitamente en cualquier análisis. Por multidireccional se entienden aquellas relaciones complejas no lineales, o sea, la relación de los elementos con sus vecinos y con regiones lejanas, por lo que la relación entre todos los elementos no es unidireccional.

3.4 ÁLGEBRA ESPACIAL

Las bases de datos espaciales utilizan un álgebra denominada ROSE (*RObust Spatial Extensión*) basada en los tipos de datos espaciales reales (STD - *spatial data types*), pero en este caso, los objetos no están definidos en el espacio Euclidiano continuo sino en términos de la malla que discretiza el espacio

haciendo posible los cálculos computacionales. Los operadores espaciales se definen de la siguiente forma.

Operadores de selección

Point Query (PQ)

Dado un punto p , encontrar todos los objetos espaciales O que lo contienen.

$$PQ(p) = \{O | p \text{ pertenece a } O.G \neq \emptyset\} \spadesuit$$

Consulta de Rango o Región (WQ)

Dado un polígono P de consulta, encuentre todos los objetos O que intersectan P . Cuando P es rectangular, se llama windows query.

$$WQ(P) = \{O | O.G \cap P.G \neq \emptyset\}$$

Agregación espacial

Es una variante de búsqueda por vecino más cercano. Dado un objeto O' , encuentre los objetos o que tiene una mínima distancia de O' .

$$NNQ(o') = \{o | \text{para todo } o: \text{dist}(o'.G, o.G) \leq \text{dist}(o'.G, o.G)\}$$

Unión espacial

Sean dos tablas R y S unidas basado en un predicado espacial “?”, denominamos esta unión como espacial. Los SIG utilizan superposición de mapas (*map overlay*) que no es más que una variante del *join* espacial. Es así como a partir de dos

conjuntos de objetos espaciales es posible generar uno nuevo. Los atributos no espaciales asignados por la operación de superposición definen las fronteras de este conjunto.

3.5 LENGUAJES DE CONSULTA ESPACIAL

No existe un conjunto de operadores que sirvan como elemento básico para la evaluación de consultas en las bases de datos espaciales debido al enorme volumen de objetos complejos desordenados en una dimensión que estas manejan, de ahí que existan algoritmos para evaluar predicados espaciales. Las consultas se realizan generalmente SSQL (*Spatial SQL*), un lenguaje que introduce por medio de extensiones los conceptos ROSE dentro del SQL estándar. Las tres categorías fundamentales de consultas en un sistema de información espacial son:

- Consultas exclusivamente de propiedades espaciales.
- Consultas sobre propiedades no espaciales.
- Consultas que combinan propiedades espaciales con no espaciales

Las consultas también pueden ser realizadas mediante PSQL (*Pictorial SQL*) que se utiliza para los datos obtenidos mediante rasterización, donde cada objeto espacial se extiende mediante un atributo *loc* (localización) y que es referenciado en la cláusula *SELECT* para una salida gráfica y una cláusula específica para tratar relaciones espaciales. Se destaca también dentro de estos lenguajes de modelado de información espacial el GML que no es más que una codificación del modelo geométrico de rasgo simple del OGC (*Open Geospatial Consortium simple*

feature) usando XML. OGC define un rasgo geográfico (*geographic feature*) como "una abstracción del fenómeno del mundo real, si éste está asociado con una posición relativa a la Tierra".

3.6 MANEJO DE CONSULTAS SQL

La necesidad de manejar dos Datums diferentes, radica en el manejo de la información geo-referenciada por parte de la Interfaz Gráfica de usuario (Geoportal) y las dimensiones solicitadas por el algoritmo. El Geoportal utiliza recursos geográficos desde los mapas disponibles en GoogleMaps, los cuales están estandarizados bajo el Datum WGS84. Los puntos brindados por la GUI, provenientes de la selección de la ROI por parte del usuario, están dados por las coordenadas que maneja GoogleMaps. Al momento de acceder a la base de datos y extraer la ROI con los edificios de interés, los polígonos asociados deben estar en proyección MAGNA SIRGAS BOGOTÁ, como proyección por defecto para el algoritmo RMC.

La solución para lograr una comunicación fluida entre datos WGS84 y MAGNA SIRGAS BOGOTÁ (Datum ITRF92) está en disponer de los mapas en la base de datos PostGIS, previamente re-proyectados de WGS84 a MAGNA SIRGAS BOGOTÁ. La QUERY está estructurada para que tome los 2 puntos, brindados por el Geoportal y una vez armada la caja de interés (BOX2D) con la que se extraen los polígonos contenidos, se traduzca de WGS84 a MAGNA SIRGAS BOGOTÁ dicha caja. Una vez transformada la caja se accede a realizar la intersección con los mapas almacenados en proyección MAGNA SIRGAS BOGOTÁ.

Las sentencias SQL pertenecen a dos categorías principales: Lenguaje de Definición de Datos, DDL y Lenguaje de Manipulación de Datos, DML. Estos dos lenguajes no son lenguajes en sí mismos, sino que es una forma de clasificar las sentencias de lenguaje SQL en función de su cometido. La diferencia principal reside en que el DDL crea objetos en la base de datos y sus efectos se pueden ver en el diccionario de la base de datos; mientras que el DML es el que permite consultar, insertar, modificar y eliminar la información almacenada en los objetos de la base de datos.

Para la selección de las geometrías involucradas dentro de la ROI, se ha diseñado una consulta SQL especial, que se encarga tanto de extraer los polígonos de interés como de servir de traductor de SRID, entre el sistema WGS-84 (4326) y el MAGNA SIRGAS BOGOTÁ (3116).

```
SELECT ST_AsText(the_geom) FROM manzanas_refinado3116 WHERE  
the_geom && ST_Transform(ST_SetSRID(ST_MakeBox2D(ST_Point(-  
73.133828038411, 7.091388190808663),  
ST_Point(-73.1195185224701 ,7.077869653135853)),4326),3116)
```

A continuación se desglosará cada componente de esta Query y ésta se emplea como componente fundamental en la interconexión entre Geoportal, Base de datos espacial y Algoritmo de radiopropagación.

- **SELECT ST_AsText(the_geom) FROM manzanas_refinado3116**

En esta primera parte se establece la selección y fuente de las columnas que se desean extraer. Para propósito de pruebas generales se ha trabajado solo con las columnas de geometrías (tipo *geometry* Hexadecimal) cuyo nombre por defecto

“the_geom”, ofrecen todas las características de los polígonos. Para propósitos más específicos, se puede no solo consultar la columna “the_geom”, sino otras columnas que contienen información valiosa para la validación de resultados del algoritmo RMC. FROM indica el nombre de la tabla fuente a la cual se accede.

- ***WHERE the_geom && ST_Transform(ST_SetSRID***

Esta parte de la consulta interfiere en los resultados que esta devolverá. WHERE plantea la condición que se aplicara a “the_geom”. && actúa como operador de intersección.

ST_Transform(geometría, entero SRID) es un editor de geometrías que se encarga de la transposición entre SRIDs. Retorna las nuevas geometrías con sus coordenadas transformadas al sistema de referencia que es referido en el parámetro entero SRID.

ST_SetSRID(geometría, entero SRID) es otro editor de geometrías que se emplea en la construcción de cajas de consulta geográfica. El SRID solicitado debe corresponde con las geometrías almacenadas en la tabla a la cual se accede.

- ***ST_MakeBox2D(ST_Point(***

La ROI es creada por el usuario bajo el entorno ofrecido por el geoportal. Sin embargo, este cuadrilátero creado por el usuario, debe poseer una analogía en lenguaje SQL. ST_MakeBox2D(punto 1, punto 2) corresponde a un constructor geométrico que se encarga de generar una región rectangular sobre las geometrías e intersectarlas. De esta manera se enlaza de manera transparente las

geometrías involucradas dentro de la ROI, tal como el usuario lo vería desde el entorno gráfico.

Los puntos son establecidos por el constructor geométrico `ST_Point()` el cual se compone de 2 coordenadas: `LONGITUD` y `LATITUD`. Estas coordenadas están referenciadas al sistema internacional `WGS84`, puesto que son tomadas directamente del entorno `GoogleMaps`. Basta con definir los 2 puntos de las esquinas opuestas de la región rectangular para que el constructor `BOX2D` genere e interactúe con la intersección de geometrías.

3.7 DISEÑO DE LA BASE DE DATOS

Las variables del entorno, configuración y diseño, junto con los nombres de usuario y sus características, son todos almacenados dentro de la Base de Datos. La correcta administración de tablas, registros y permisos debe ofrecer una comunicación fluida entre lo que se recibe y lo que debe enviarse y mostrarse en el entorno visual del Geoportal.

El modelo relacional diseñado para la base de datos permite un mejor entendimiento de todas las conexiones que deben realizarse para que el servicio Web de simulación pueda prestarse de manera óptima.

A continuación se muestra algunas de las clases más representativas que conforman el esquema relacional.

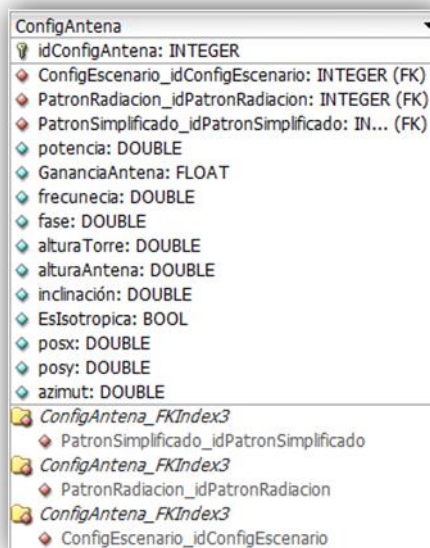


Figura 20: Clase “configAntena” – Modelo relacional Base de Datos

Esta clase muestra los atributos necesarios para configurar la antena, la cual es editable por el usuario. El usuario puede crear tantas antenas sobre el mapa como desee, utilizando como referencia una antena predeterminada o una anterior de su autoría.

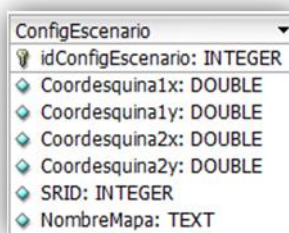


Figura 21: Clase “configEscenario” – Modelo Relacional Base de Datos

La configuración del escenario brinda la información generada por la región de interés consultada por el usuario. Es la parte en la que se crea una región rectangular que agrupara todas las geometrías del mapa que interactuaran con la

síntesis del algoritmo de simulación. Nótese que es necesario brindar las 4 esquinas de la región de interés (ROI) y el SRID de los mapas que se utilizan en la visualización, en este caso, GoogleMaps – WGS84.

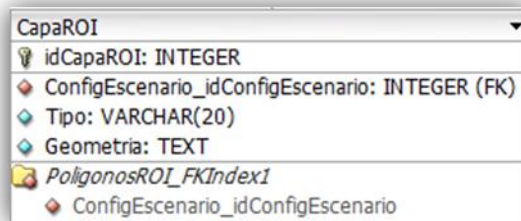


Figura 22: Clase “CapaROI” – Modelo Relacional Base de Datos

En la Capa ROI se tiene la captura de geometrías que devuelve la consulta SQL para la extracción de geometrías desde la base de datos espacial. Estas geometrías son las que consume el algoritmo para generar la capa de resultados, que se visualiza en el Geoportal como un mapa Raster, que contiene puntos de consulta con valores de potencia calculados.

4 MÓDULO RMC ADAPTADO

4.1 INTRODUCCIÓN

Actualmente el impacto que las tecnologías de información y comunicación brindan a nuestro estilo de vida, marca preponderante la toma de decisiones en diversos temas. El uso masivo de dispositivos con acceso a internet, brinda la posibilidad de llevar a las personas, contenidos on-line ricos en prestación de servicios con un gran potencial para desarrollar en servicios en telecomunicaciones.

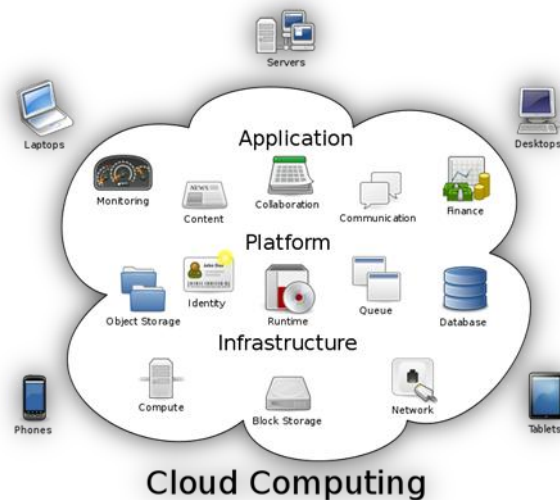


Figura 23: Concepto de Informática en la Nube

[Tomado de: http://es.wikipedia.org/wiki/Cloud_Computing]

En la figura 22, se ofrece una visión general de lo que se considera hoy en día, el futuro de las TICs, la informática en la Nube (*“Cloud Computing”*), en donde ya no hace falta contar con grandes sistemas de cómputo para procesar y administrar nuestra información; solo bastará con disponer de un dispositivo móvil para

acceder a la Web y ejecutar de manera remota, todos los cálculos, procesamientos, estructura y síntesis de cualquier necesidad informática que se requiera. Dentro de ese marco ambiental, se desarrolla este servicio Web.

El modelo de simulación de propagación RMC se alimenta de muchos recursos que provienen de la configuración del escenario de simulación como la información geográfica que proviene del previo almacenamiento de mapas en la bases de datos espacial. Siendo así, es preponderante pensar en un mecanismo que permita controlar y registrar todos los sucesos y eventos que ocurren en la herramienta de simulación *Web* ya concluida.

A continuación se muestra la manera en cómo lograr la adaptación y armonización de datos tanto de configuración como de análisis y resultados por medio de las herramientas que nos brinda Java EE.

4.2 MÓDULOS EJB

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos (esto significa que posee ciertas características que hoy día se consideran estándares en los lenguajes OO: Objetos, Clases, Métodos, Subclases, Herencia simple, Enlace dinámico, Encapsulamiento) considerado de alto nivel. Es uno de los lenguajes más usados debido a su modernidad, a sus facilidades con internet (*applets, JSP, J2SE, WS*) y su multiplataforma.

[11] Los EJB proporcionan un modelo de componentes distribuido estándar del lado del servidor. El objetivo de los EJB es dotar al programador de un modelo que le permita abstraerse de los problemas generales de una aplicación empresarial (conurrencia, transacciones, persistencia, seguridad, etc.) para centrarse en el

desarrollo de la lógica de negocio en sí. El hecho de estar basado en componentes permite que éstos sean flexibles y sobre todo reutilizables.

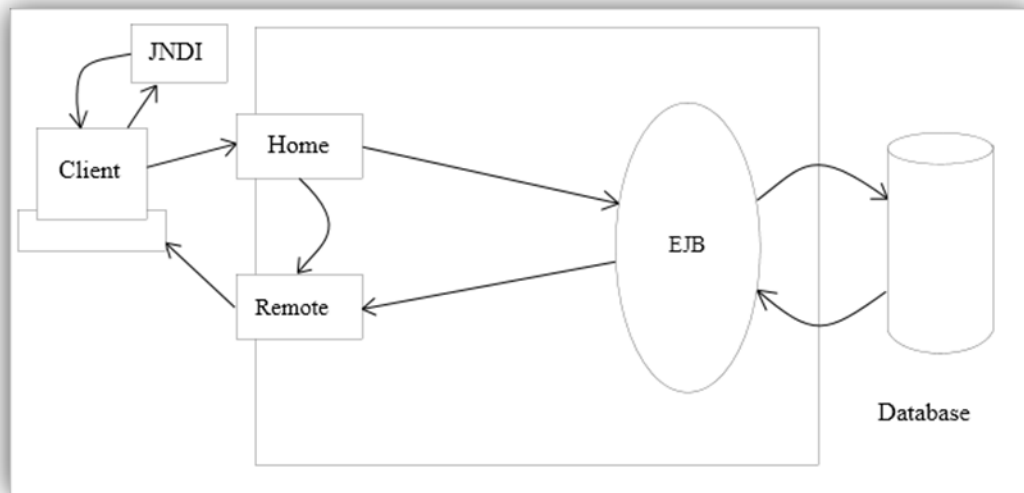


Figura 24: Arquitectura básica EJB

[Tomado de: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d1/Ejb.svg>]

No hay que confundir los Enterprise JavaBeans con los JavaBeans. Los JavaBeans también son un modelo de componentes creado por **Oracle - Sun Microsystems** para la construcción de aplicaciones, pero no pueden utilizarse en entornos de objetos distribuidos al no soportar nativamente la invocación remota.

La figura 24 ilustra la arquitectura básica del proyecto. En el servidor Java EE se tiene el contenedor EJB, que es el único que tiene acceso a la capa de datos y es en este donde se despliega el módulo EJB. El contenedor *Web* es el que atiende las peticiones HTTP, donde se despliega el módulo Web bajo un parámetro software popular conocido como modelo vista-controlador. Bajo este patrón de diseño existen diferentes frameworks que permiten agilizar el desarrollo, uno de ellos, GlassFish.

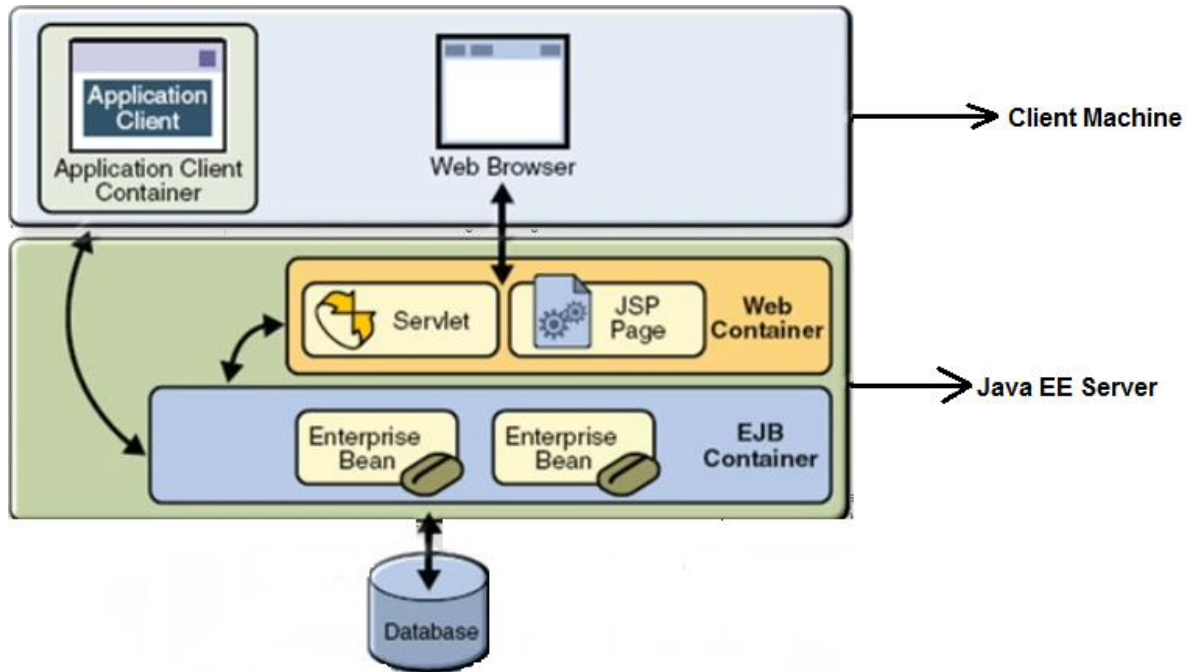


Figura 25: Esquema de la arquitectura del diseño Web Service

[Tomado de: <http://www.youtube.com/watch?v=UM6-F-0VG3Q&feature=fwrel>]

Tal como muestra la figura 24, los usuarios pueden acceder al servicio de forma remota a través de un navegador Web mediante peticiones HTTP al contenedor *Web* y opcionalmente mediante una aplicación de escritorio Java haciendo llamadas directamente al contenedor *Web*.

4.2.1 Tipos de Enterprise JavaBeans

Existen tres tipos de EJBs [12]:

- 1) **EJB de Entidad (Entity EJBs):** su objetivo es encapsular los objetos del lado del servidor que almacena los datos. Los EJB de entidad presentan la característica fundamental de la persistencia:
 - Persistencia gestionada por el contenedor (CMP): el contenedor se encarga de almacenar y recuperar los datos del objeto de entidad mediante el mapeo o vinculación de las columnas de una tabla de la base de datos con los atributos del objeto.
 - Persistencia gestionada por el bean (BMP): el propio objeto entidad se encarga, mediante una base de datos u otro mecanismo, de almacenar y recuperar los datos a los que se refiere, por lo cual, la responsabilidad de implementar los mecanismos de persistencia es del programador.

- 2) **EJB de Sesión (Session EJBs):** gestionan el flujo de la información en el servidor. Generalmente sirven a los clientes como una fachada de los servicios proporcionados por otros componentes disponibles en el servidor. Puede haber dos tipos:
 - Con estado (*stateful*). En un *bean* de sesión con estado, las variables de instancia del *bean* almacenan datos específicos obtenidos durante la conexión con el cliente. Cada *bean* de sesión con estado, por tanto, almacena el estado conversacional de un cliente que interactúa con el *bean*. Este estado conversacional se modifica conforme el cliente va

realizando llamadas a los métodos de negocio del *bean*. El estado conversacional no se guarda cuando el cliente termina la sesión.

- Sin estado (*stateless*). Los *beans* de sesión sin estado son objetos distribuidos que carecen de estado asociado permitiendo por tanto que se los acceda concurrentemente. No se garantiza que los contenidos de las variables de instancia se conserven entre llamadas al método.

3) **EJB dirigidos por mensajes (*Message-driven EJBs*):** son los únicos *beans* con funcionamiento asíncrono. Usando el *Java Messaging System* (JMS), se suscriben a un tema (*topic*) o a una cola (*queue*) y se activan al recibir un mensaje dirigido a dicho tema o cola. No requieren de su instanciación por parte del cliente.

4.2.2 Funcionamiento de un Enterprise JavaBean

Los EJB se disponen en un contenedor EJB dentro del servidor de aplicaciones. La especificación describe cómo el EJB interactúa con su contenedor y cómo el código cliente interactúa con la combinación del EJB y el contenedor.

Cada EJB debe facilitar una clase de implementación Java y dos interfaces Java. El contenedor EJB creará instancias de la clase de implementación Java para facilitar la implementación EJB. Las interfaces Java son utilizadas por el código cliente del EJB. Las dos interfaces, conocidas como interfaz "home" e interfaz remota, especifican las firmas de los métodos remotos del EJB. Los métodos remotos se dividen en dos grupos:

1. Métodos que no están ligados a una instancia específica, por ejemplo aquellos utilizados para crear una instancia EJB o para encontrar una entidad EJB existente. Estos métodos se declaran en la interfaz "home".
2. Métodos ligados a una instancia específica. Se ubican en la interfaz remota. Dado que se trata simplemente de interfaces Java y no de clases concretas, el contenedor EJB genera clases para esas interfaces que actuarán como un *proxy* en el cliente. El cliente invoca un método en los *proxies* generados que a su vez sitúa los argumentos método en un mensaje y envía dicho mensaje al servidor EJB.

El servidor llamará a un método correspondiente a una instancia de la clase de implementación Java para manejar la llamada del método remoto.

4.3 CAPA DE PERSISTENCIA

En esa etapa se analizara concretamente como solventar la capa de persistencia encargada de recuperar y almacenar en soporte físico los datos del negocio. Se explicara el marco de trabajo de trabajo "Java persistence API 2.0".

4.3.1 Mapeo Objeto-Relacional (ORM)

Los datos manejados por el sistema en algún momento acabaran siendo almacenados en bases de datos para su posterior recuperación y análisis. Las bases de datos relacionales almacenan los datos en tablas formadas por filas y columnas, cada registro usa como identificador único claves primarias. Las relaciones entre tablas se representan mediante claves foráneas o tablas JOIN, respetando restricciones de integridad. Toda esta terminología es propia del

modelo relacional, sin embargo, es totalmente desconocida en el modelo orientado a objetos propio de Java.

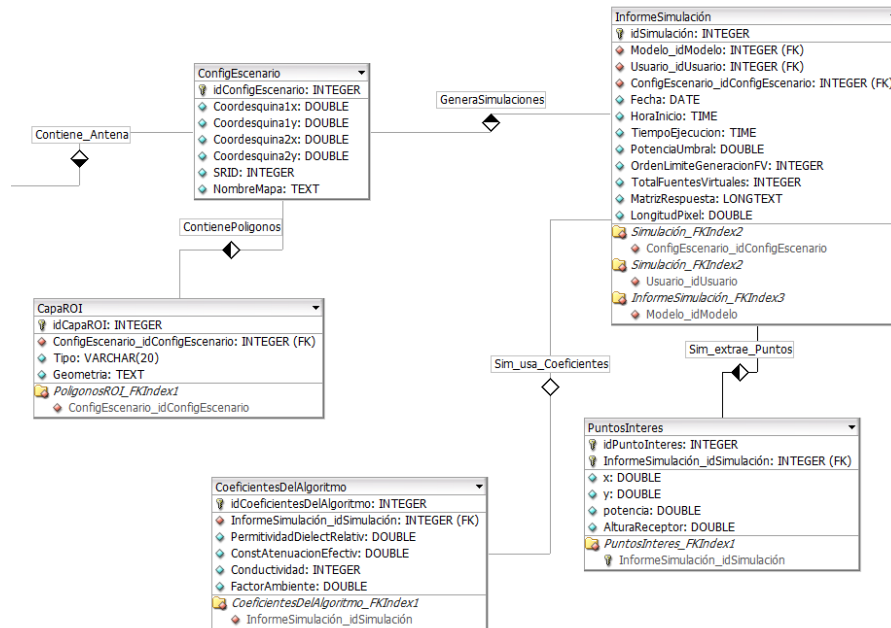


Figura 26: Fragmento del modelo de diseño relacional para la base de datos implementado

En la orientación a objetos se manejan “Clases” y sus *instances* denominadas: OBJETOS. Los Objetos encapsulan su estado y comportamiento aunque solo mientras corre la Máquina Virtual de Java (*Java Virtual Machine – JVM*). Si se detiene la JVM o sufre algún colapso inesperado, se corre el riesgo de perder todos los datos de negocio que manejaba el sistema en ese momento. Para evitar esto necesitamos mecanismos de persistencia.

Por persistencia se entiende almacenar el estado de un objeto de forma permanente en Disco Duro. El reto consiste en trasladar nuestros datos de un modelo orientado a objetos a uno relacional. En Java se dispone de 3 formas para lograr persistencia:

- Serialización: Java.io.serializable
- Java Database Connectivity: JDBC
- Herramientas de Mapeo objeto-relacional (ORM): JPA 2.0

El mecanismo de serialización es el más simple que consiste en convertir los objetos en una serie de bits almacenables en disco. Tiene la desventaja de que carece de lenguaje de consulta y no da soporte a altas tasas de acceso concurrente.

Otra opción es recurrir a la API JDBC para acceder a sistemas gestores de Bases de Datos relacionales. Aunque su uso es muy extendido, la tendencia actual es migrar a herramientas de mapeo más potentes objeto-relacional. En el ANEXO 6 se ofrece una explicación paso a paso de cómo realizar un conexión JDBC y la manera en como esta se puede emplear para acceder a la gestión de base de datos desde el entorno NetBeans.

Una herramienta de Mapeo-relacional se basa en delegar el acceso de la Base de Datos a un Framework. Java define le modelo de persistencia para entidades, pero deja su implementación a servidores externos. Solo se le debe proporcionar al motor de persistencia una clase entidad por cada tabla de la Base de Datos.

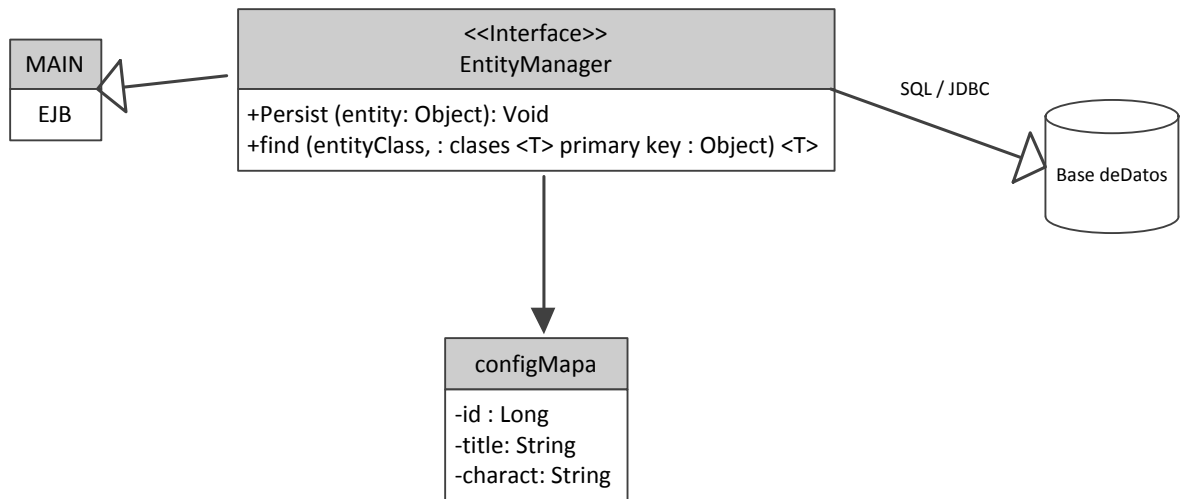


Figura 27: Interface para la administración de EntityManager

Por entidad se entiende el objeto que contiene información del mapeo y “viven” a corto plazo en memoria y persistentemente en Base de Datos. *Java Persistence API* dispone de una interface denominada *EntityManager* con una serie de métodos para que podemos operar con ese conjunto de entidades. Al conjunto de entidades asociadas con los registros de una Base de Datos se le llama contexto de persistencia. Es importante resaltar que en la aplicación lo que maneja son entidades del contexto de persistencia. Cualquier cambio que se haga a estas entidades se trasladara automáticamente a la Base de Batos subyacente de forma transparente para nuestro código.

4.4 ARQUITECTURA DE SERVICIOS RADIOGIS

El grupo de investigación y desarrollo RADIOGIS, viene liderando una serie de servicios y proyectos enfocados al uso de TICs y herramientas de simulación electromagnética, lo cual le permite desarrollar una amplia arquitectura dispuesta

hacia el entorno público, y de esta manera brindar acceso y cobertura a todos los interesados.

El modelo de capas que se muestra en la figura 22, brinda una perspectiva de la estructura general de los servicios Web que ofrece RadioGIS. Los EJB integran los conceptos de *WebServices*, *Session Beans* y *JPA*.

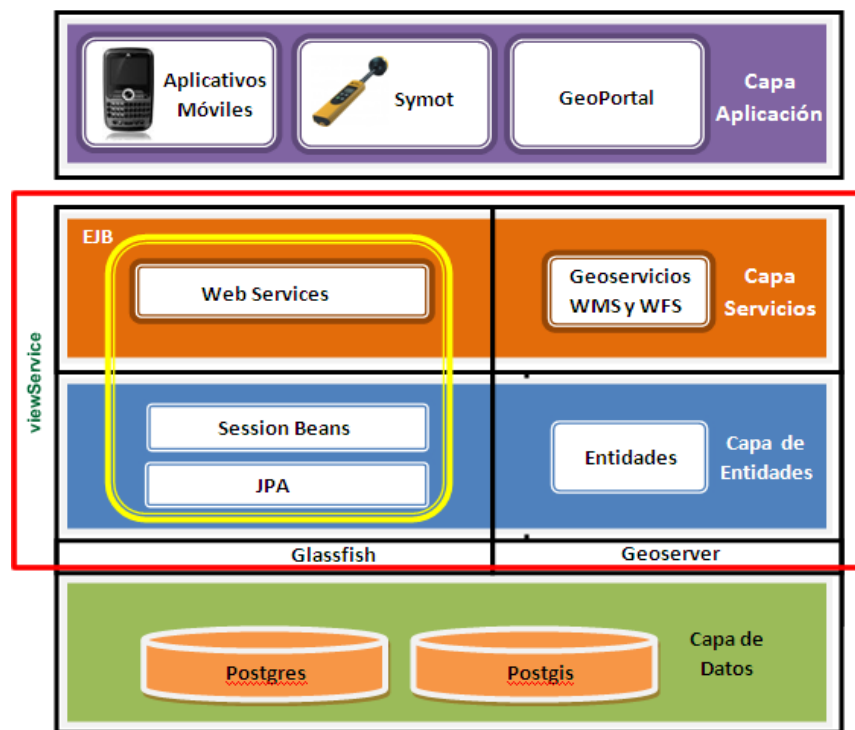


Figura 28: Estructura del conjunto de servicios RadioGIS

El diseño del Geoportal^{II} fue desarrollado en un proyecto aparte. En la figura 27 se ofrece un acercamiento del entorno Web de esta Interface Gráfica, la cual brinda

^{II} E. A. Díaz Vanegas, J. S. Avellaneda Hernández. Geoportal Web como parte de un Servicio para la Simulación de un Modelo de Radio-Propagación con información Georeferenciada, UIS – 2011.

el control y acceso a todo lo desarrollado tanto en este proyecto como en su tesis complementaria^{III}:

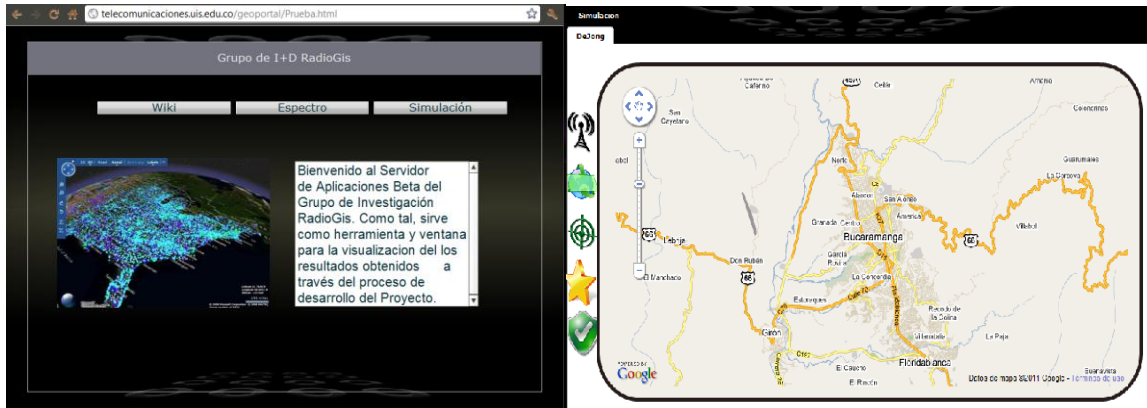


Figura 29: Visualización Geoportal del Servicio Web.

La plataforma de servicios RadioGIS es un compendio de proyectos que muestra una gran parte del aporte que este grupo de investigación tiene por ofrecer.

De manera simplificada, la figura 29 pretende exponer el concepto final del alcance que el Modelo RMC brinda como herramienta en la planificación de redes Celulares, visto como un servicio Web.

^{III} Mejía Melgarejo Y. H, Pineda Alhucema M. D. (RadioGIS). Implementación en Java de un Algoritmo de Radiopropagación basado en el Modelo de De Jong y en los requisitos de propagación descritos por IMT-Advanced, UIS – 2011.

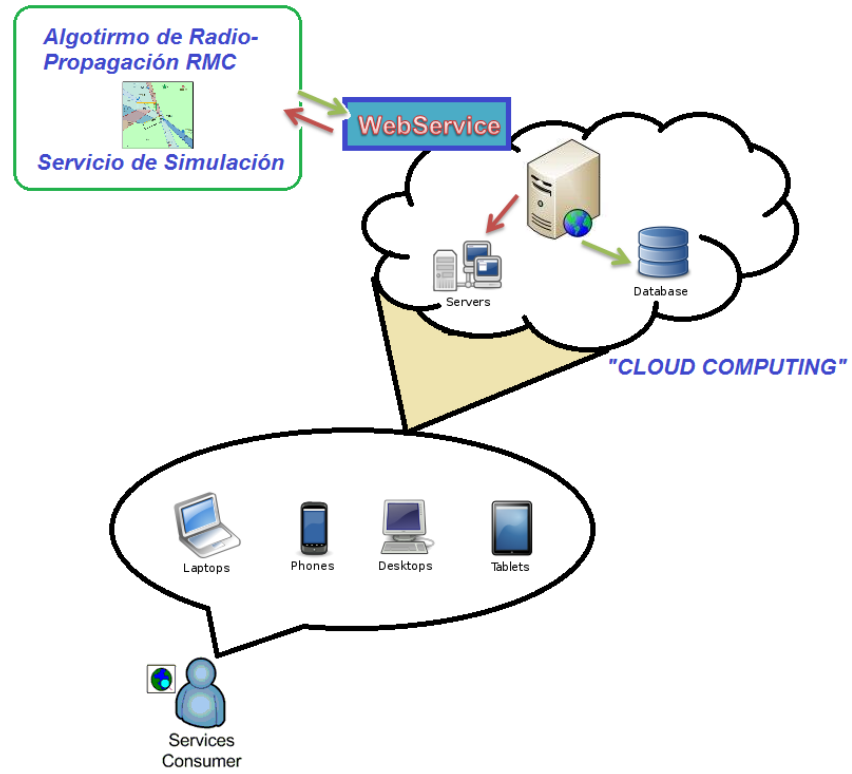


Figura 30: Servicio web se simulación en la Nube

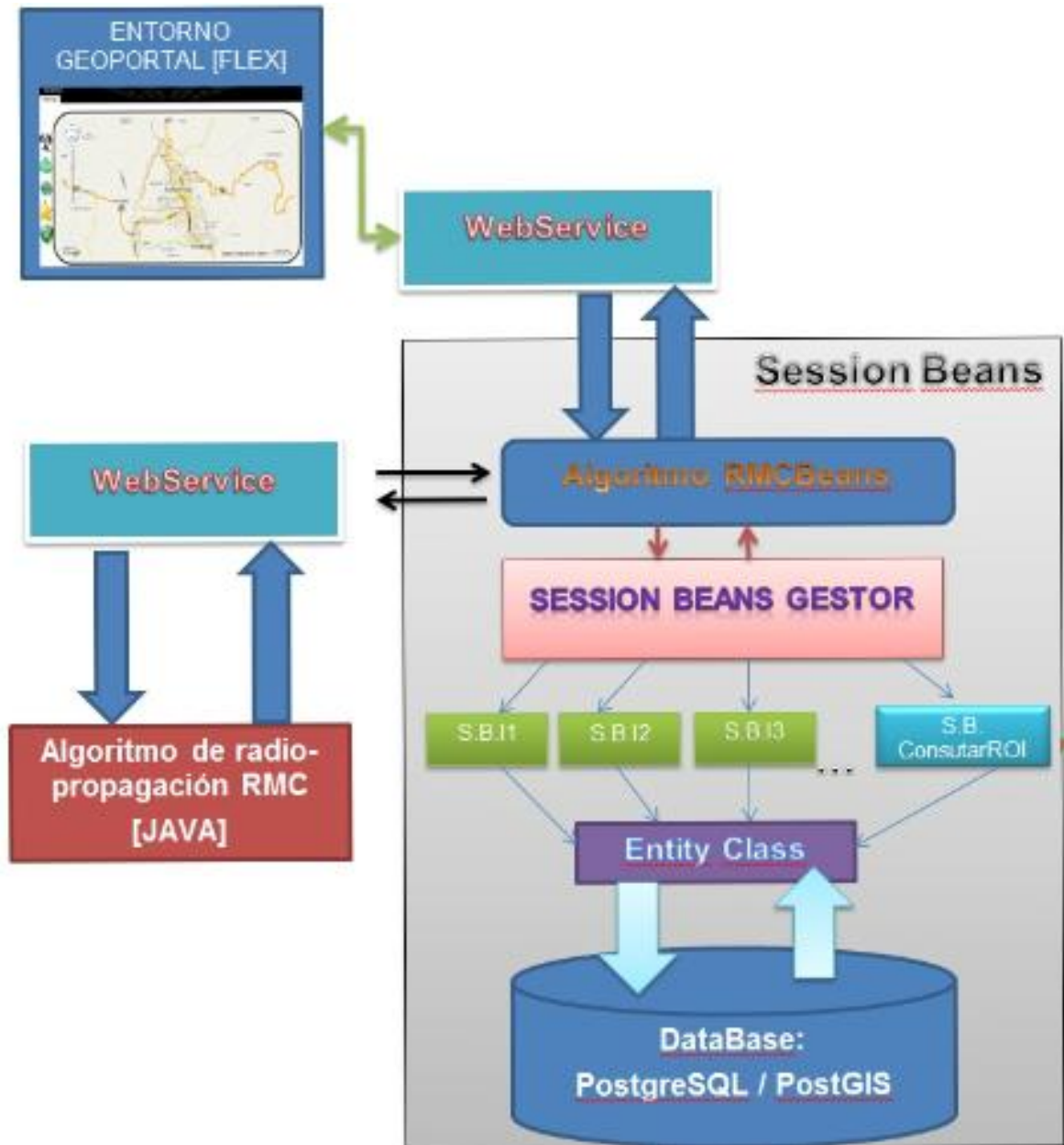


Figura 31: Diagrama de inter-conexiones de módulos Java y control de flujo de datos

5 CONCLUSIONES

- Se logró la depuración de los mapas vectoriales de Bucaramanga usando la herramienta Mapclean propia del software Autocad Map 3D, para separarlos de información irrelevante para el algoritmo de simulación RMC y de esta forma tener una versión simplificada de los mapas, evitando con esto la saturación del proceso de simulación. Con ésta solución se espera hacer viable el uso de mapas vectoriales reales para la implementación de otras herramientas de simulación.
- El acople entre el servicio de simulación y los mapas vectoriales se realizó mediante el software gestor de base de datos PostgreSQL, al crear una consulta compuesta involucrando etapas de transformación, encapsulamiento del área de interés, entre otras. A partir de estas consultas espaciales en lenguaje SQL se trabaja solo con la información estrictamente necesaria de entre una gran biblioteca cartográfica, sirviendo tanto al algoritmo RMC como a similares, de un filtrado espacial para optimizar el procesamiento de datos.
- El uso de herramientas modulares en Java permitió el uso de conectores de persistencia, los cuales actualizan constante la comunicación con la Base de Datos alojada en el servidor RadioGIS. De esta manera se logra la creación de un Webservice que ofrece la simulación de redes inalámbricas en la ciudad de Bucaramanga.

- El desarrollo de temas de investigación de esta índole, permiten en gran medida avanzar en las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) en la región de Santander, al brindar la posibilidad de acceso general de estas y otras herramientas de gran interés en la gestión y consulta de los fenómenos en el espectro electromagnético urbano.

6 RECOMENDACIONES

- Operativamente, la infraestructura de red que se emplea en el modelo de radiopropagación está ligada a servidores internos de la UIS, lo cual dificulta en gran medida el desempeño y flujo de datos desde y hacia la plataforma, debido a prestaciones de seguridad y fluido eléctrico. Se recomienda mudar el servicio a un proveedor externo independiente de la UIS que brinde una mayor seguridad y desempeño.
- Difundir masivamente el uso de estas y otras herramientas que el grupo de investigación y desarrollo RADIOGIS lidera, puesto que se desperdicia el potencial tanto académico como empresarial que este y otros servicios lograrían brindar

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Archivos SHAPE asociados. Consultado: junio 3 de 2011. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Shapefile>
2. Bases de datos espaciales Spatial Databases. Consultado: julio 25 de 2011. Disponible en: http://www.mappinginteractivo.com/plantillaante.asp?id_articulo=1619
3. Carreño Y. Desarrollo del Modelo de Propagación Andino UIS. Tesis de grado. E3T – UIS. 2005.
4. Formato de imágenes. Consultado: mayo 23 de 2011. Disponible en: <http://juansanchez.webcindario.com/trabajos/fgraficos.pdf>
5. Francisco S. de Adana, Oscar G. Blanco, Iván G. Diego, Jesús P. Arriaga, and Manuel F. Cátedra. “Propagation Model Based on Ray Tracing for the Design of Personal Communication Systems in Indoor Environments”.
6. Geoportal de la IDECAM. Consultado: junio 3 de 2011. Disponible en: <http://geoservice.igac.gov.co/geoportalidecan/>.
7. John C. Solano, Leonardo A. Jaimes. *Implementación en java del modelo de propagación andino UIS para planificación y análisis de redes celulares sobre Cellgis v1*. Tesis de grado. E3T – UIS. 2008.
8. Karim Rizk, Jean Wagen, and Fred Gardiol, “Two-dimensional ray tracing modeling for propagation prediction in microcellular environments,” IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 46, no. 2, pp. 508–518, Mayo 1997.

9. Measurement and modelling of radiowave propagation in urban microcells / by Yvo L.C. de Jong. – Eindhoven :TechnischeUniversiteit Eindhoven, 2001. Proefschrift. – ISBN 90-386-1860-3
10. MSDM. Identificadores de referencia espacial (SRID). Consultado: julio 5 de 2011. Disponible en <http://msdn.microsoft.com/es-es/library/bb964707.aspx>
11. Proceso de Georreferenciación de la Cartografía Histórica. Consultado: julio 25 de 2011. Disponible en <http://www.expobus.us.es/cartografia/salas/sala12/georreferenciacion.html>
12. Sistema de Coordenadas UTM. Consultado: junio 3 de 2011. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/43058045/Sistema-de-Coordenadas-UTM#archive>
13. Walfish J, Bertoni H. “A Theoretical Model of UHF Propagation in Urban Environments”. IEEE Trans. Antennas & Propagation, Vol. 36, December 1988.
14. Wikipedia. Coordenadas geográficas. Consultado: julio 1 de 2011. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Coordenadas_geogr%C3%A1ficas
15. Wikipedia. Enterprise JavaBeans. Consultado: junio 13 de 2011. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Enterprise_JavaBeans
16. Wikipedia. Gerardo Mercator. Consultado: mayo 23 de 2011. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Gerardo_Mercator
17. Wikipedia. Sistema de Información Geográfica. Consultado: junio 13 de 2011. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Informaci%C3%B3n_Geogr%C3%A1fica

18. Youtube. Aplicaciones Empresariales Java EE 6 con NetBeans: Capa Persistencia (Mapeo Objeto-Relacional. JPA. Consultado: julio 25 de 2011. Disponible en <http://www.youtube.com/watch?v=nzFzIQyoCA>

19. Youtube. Aplicaciones Empresariales Java EE 6 con NetBeans: GlassFish (Connection Pool y DataSource). Consultado: junio 11 de 2011. Disponible en <http://www.youtube.com/watch?v=UM6-F-0VG3Q&feature=fvwrel>

ANEXO 1:

DIVISIÓN POLÍTICO-URBANA DE BUCARAMANGA-SANTANDER:

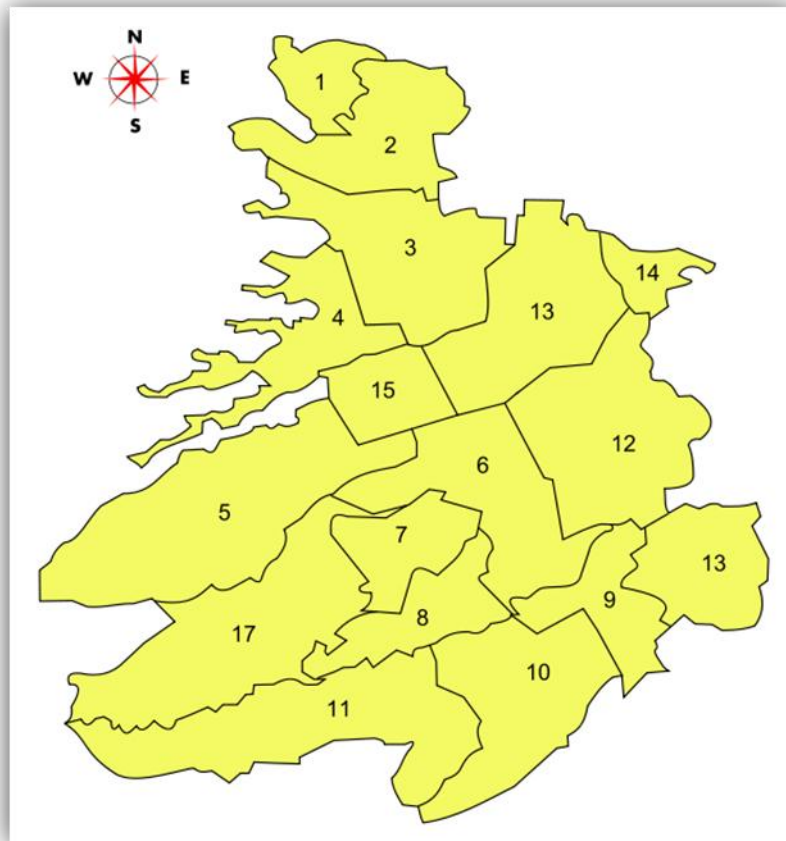


Ilustración 1: Bucaramanga_División Política

[Tomado de: <http://www.bucaramanga.gov.co/Contenido.aspx?Param=10>]

Artículo 107°.

De la División Urbana en Comunas. El suelo urbano se divide en 17 comunas. Dentro de cada comuna hacen parte: los barrios, asentamientos, urbanizaciones y otros (sectores con población flotante). Consultar plano UR1 denominado División

Urbana, tomado del Sistema de información georreferenciado del Municipio de Bucaramanga el cual hace Parte integral del presente acuerdo.

Comuna 1 Norte:

Barrios: El Rosal, Colorados, Café Madrid, Las Hamacas, Altos del Kennedy, Kennedy, Balcones del Kennedy, Las Olas, Villa Rosa (sectores I, II y III), Omagá (sectores I y II), Minuto de Dios, Tejar Norte (sectores I y II), Miramar, Miradores del Kennedy, El Pablón (Villa Lina, La Torre, Villa Patricia, Sector Don Juan, Pablón Alto y Bajo).

Asentamientos: Barrio Nuevo, Divino Niño, 13 de Junio, Altos del Progreso, María Paz.

Urbanizaciones: Colseguros Norte, Rosa Alta.

Comuna 2 Nororiental:

Barrios: Los Angeles, Villa Helena I y II, José María Córdoba, Esperanza I, II y III, Lizcano I y II, Regadero Norte, San Cristóbal, La Juventud, Transición I, II, III, IV y V, La Independencia, Villa Mercedes, Bosque Norte.

Asentamientos: Mesetas del Santuario, Villa María, Mirador, Primavera, Olitas, Olas II.

Comuna 3 San Francisco:

Barrios: Norte Bajo, San Rafael, El Cinal, Chapinero, Comuneros, La Universidad, Mutualidad, Modelo, San Francisco, Alarcón.

Asentamientos: Puerto Rico.

Otros: UIS

Comuna 4 Occidental:

Barrios: Gaitán, Granadas, Nariño, Girardot, La Feria, Nápoles, Pío XII, 23 de Junio, Santander, Don Bosco, 12 de Octubre, La Gloria.

Asentamientos: Camilo Torres, Zarabanda, Granjas de Palonegro Norte, Granjas de Palonegro Sur, Navas.

Otros: Zona Industrial (Río de Oro).

Comuna 5 García Rovira:

Barrios: Quinta Estrella, Alfonso López, La Joya, Chorreras de Don Juan, Campohermoso, La Estrella, Primero de Mayo.

Asentamientos: Carlos Pizarro, Rincón de la Paz, 5 de Enero, José Antonio Galán, Pantano I, II, III.

Urbanizaciones: La Palma, La Esmeralda, Villa Romero.

Comuna 6 La Concordia:

Barrios: La Concordia, San Miguel, Candiles, Aeropuerto Gómez Niño, Ricaurte, La Ceiba, La Salle, La Victoria.

Comuna 7 La Ciudadela:

Barrio: Ciudadela Real de Minas.

Urbanizaciones: Macaregua, Ciudad Bolívar, Los Almendros, Plazuela Real, Los Naranjos, Plaza Mayor, Plazuela Real.

Comuna 8 Sur Occidente:

Barrios: San Gerardo, Antiguo Colombia, Los Canelos, Bucaramanga, Cordoncillo I y II, Pablo VI, 20 de Julio, Africa, Juan XXIII, Los Laureles.

Asentamientos: El Fonce, Manzana 10 del barrio Bucaramanga.

Urbanización: La Hoyada.

Comuna 9 La Pedregosa:

Barrios: Quebrada la Iglesia, Antonia Santos Sur, San Pedro Claver, San Martín, Nueva Granada, La Pedregosa, La Libertad, Diamante I, Villa Inés, Asturias, Las Casitas.

Asentamiento: Los Guayacanes.

Urbanizaciones: Torres de Alejandría, Urbanización el Sol I y II.

Comuna 10 Provenza:

Barrios: Diamante II, San Luis, Provenza, El Cristal, Fontana, Granjas de Provenza.

Urbanización: Neptuno.

Comuna 11 Sur:

Barrios: Ciudad Venecia, Villa Alicia, El Rocío, Toledo Plata, Dangond, Manuela Beltrán I y II, Igzabelar, Santa María, Los Robles, Granjas de Julio Rincón, Jardines de Coaviconsá, El Candado, Malpaso, El Porvenir, Las Delicias.

Urbanización: Condado de Gibraltar.

Comuna 12 Cabecera del Llano:

Barrios: Cabecera del Llano, Sotomayor, Antiguo Campestre, Bolarquí, Mercedes, Puerta del Sol, Conucos, El Jardín, Pan de Azúcar, Los Cedros, Terrazas, La Floresta.

Comuna 13 Oriental:

Barrios: Los Pinos, San Alonso, Galán, La Aurora, Las Américas, El Prado, Mejoras Públicas, Antonia Santos, Bolívar, Alvarez.

Otros: Estadio, Batallón.

Comuna 14 Morrórico:

Barrios: Vegas de Morrórico, El Diviso, Morrórico, Albania, Miraflores, Buenos Aires, Limoncito, Los Sauces.

Comuna 15 Centro:

Barrios: Centro, García Rovira.

Comuna 16 Lagos del Cacique:

Barrios: Lagos del Cacique, El Tejar, San Expedito.

Urbanizaciones: Santa Barbara, Quinta del Cacique, Palmeras del Cacique, Altos del Cacique, Altos del Lago.

Otros: UDES.

Comuna 17 Mutis:

Barrios: Mutis, Balconcitos, Monterredondo, Héroes, Estoraques I y II, Prados del Mutis.

Urbanizaciones: Prados del Mutis.

Fuentes Anexo 1:

http://docs.autodesk.com/MAP/2011/ESP/AutoCAD%20Map%203D%202011%20Help/Map3D_2011_HTML_Help/indexUsersGuideHTML.html?url=./filesUsersGuideHTML/WS9571AA2C722617468AAFEA1D52B28EFB.htm,topicNumber=UsersGuideHTMLd0e102512

ANEXO 2:

WGS-84 (World Geodetic System 1984)

El WGS84 es un sistema de coordenadas geográficas mundial que permite localizar cualquier punto de la Tierra (sin necesitar otro de referencia) por medio de tres unidades dadas.

El elipsoide WGS84, es uno de los más utilizados en la actualidad ya que se conformó a partir de datos procedentes de los satélites que constituyen el Sistema de Posicionamiento Global. (GPS). Con WGS84, se logra obtener un único sistema de referencia en coordenadas geográficas para todo el mundo. y es considerado más preciso que los anteriores. Los grandes distribuidores de cartografía privados y públicos se han acogido a este sistema rápidamente.

En estos tipos de mapas es necesario conocer la latitud y longitud y a menudo la altitud de los elementos de cartografía. Antes de empezar la elaboración de mapas es necesario establecer una red de puntos de control geodésicos sobre la tierra. Estos puntos definen la precisión del mapa.

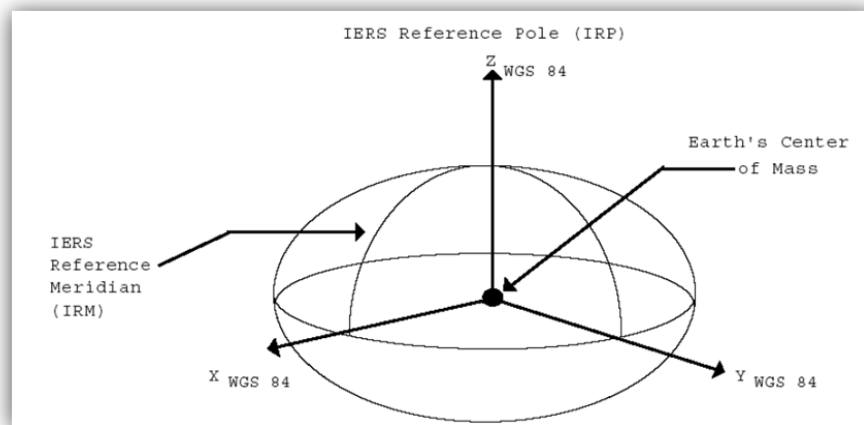


Ilustración 2: Marco para el sistema de Referencia wgs-84

[Tomado de: <http://ecalero.tripod.com/sitebuildercontent/sitebuilderfiles/wgs-84.pdf>]

Origen Centro de masas de la Tierra

Eje Z Dirección del Polo de Referencia IERS. Coincide con el Polo Terrestre Convencional (CTP) del BIH (Bureau International de l'Heure) en la época 1984. Con una incertidumbre de 0."005.

Eje X Intersección del meridiano de referencia IERS y el plano perpendicular al eje Z por el origen de coordenadas. Coincide con el meridiano origen del BIH con una incertidumbre de 0."005.

Eje Y Completa un sistema cartesiano ortogonal orientado positivamente.

Es importante distinguir entre la definición del sistema de coordenadas y su realización práctica mediante un marco de referencias. Las dos cosas juntas definen un sistema de referencia. El marco de referencias lo constituye un conjunto consistente de coordenadas de puntos materializados en la superficie terrestre. A partir del marco de referencias se infiere la localización del origen de coordenadas, la orientación del triedro cartesiano y la escala.

Superficies de Referencia

Las aplicaciones geodésicas globales requieren que se definan de una manera inequívoca tres superficies:

- La **superficie topográfica** de la Tierra.

- Una superficie matemática que permita una relación biunívoca entre el sistema de coordenadas cartesiano y el sistema de coordenadas geodésico correspondiente, es decir, un **elipsoide de revolución** y unos parámetros físicos que permitan modelar el campo gravitatorio terrestre sobre el elipsoide y sus proximidades.
- Una equipotencial del modelo del campo gravitatorio que acompaña al sistema para relacionar los sistemas de altitudes, el **geoide** asociado al sistema de referencia.

Elipsoide WGS-84

Elipsoide de revolución definido por los parámetros:

- Semieje mayor (a) = 6 378 137 m
- Semieje menor (b) = 6 356 752.3142 m
- Achatamiento f: 1/298,257223563
- Constante de Gravitación Terrestre
- $GM = 3,986004418 \times 10^{14} \text{ m}^3/\text{s}^2$
- Velocidad angular: $\omega = 7,292115 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$
- Coeficiente de forma dinámica: $J_2 = -484,166 85 \times 10^{-6}$

Longitudes en WGS-84

El WGS 84 utiliza el meridiano de referencia IERS definido por la Oficina Internacional *de l'Heure**. Se definió que por la compilación de las observaciones

* La Oficina Internacional de l'Heure (BIH) o la Oficina Internacional de la Hora, situada en el Observatorio de París, era la oficina internacional responsable de la combinación de diferentes medidas de tiempo universal.

de estrellas en diferentes países. La media de estos datos causó un desplazamiento de unos 100 metros al este lejos del Meridiano de Greenwich en Greenwich, Reino Unido. Las posiciones de longitud en WGS 84 de acuerdo con los de la mayor de América del Norte Datum 1927 en aproximadamente 85° de longitud oeste, en el centro-este de los Estados Unidos.

Actualizaciones y nuevas Normas

[I]La última revisión importante de WGS 84 también se conoce como "modelo gravitacional de la Tierra 1996" (EGM96), publicado por primera vez en 1996, con revisiones tan reciente como el 2004. Este modelo tiene la misma referencia, como elipsoide WGS 84, pero tiene una mayor fidelidad del geode (unos 100 km de resolución contra 200 km en el original WGS 84). Muchos de los autores originales del WGS 84 contribuyeron a un nuevo modelo de la fidelidad más alta, llamada EGM2008. Este nuevo modelo tendrá un geode con una resolución cercana a los 10 km, que requieren más de 4,6 millones de términos en la expansión esférica (frente a 130.317 en EGM96 y 32.757 en el sistema WGS 84).

MAGNA SIRGAS

MAGNA: Marco Geocéntrico Nacional de Referencia

SIRGAS: Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas.

El sistema geocéntrico utilizado en Geodesia es un Sistema Convencional de Referencia Terrestre (ITRS: *International Terrestrial Reference System*), el cual es determinado, mantenido y proporcionado por el Servicio Internacional de Rotación Terrestre y Sistemas de Referencia (IERS: *International Earth Rotation and Reference Systems Service*) a través de cooperación multinacional a nivel global,

bajo la potestad de la Asociación Internacional de Geodesia (IAG: *International Association of Geodesy*) y vínculos estrechos con la Unión Internacional de Astronomía (IAU: *International Astronomical Union*) y la Federación de Servicios Astronómicos y Geofísicos (FAGS: *Federation of Astronomical and Geophysical Services*). El ITRS se define con origen en el centro de masas terrestre (incluyendo océanos y atmósfera). Su eje Z coincide con el polo definido por el CIO (Convventional International Origin) para 1903.0, el cual fue adoptado oficialmente en 1967 por la IAU y la IAG. Éste coincide con la dirección media del polo determinada a partir que las mediciones de cinco estaciones del Servicio Internacional de Latitud (ILS: *International Latitude Service*) durante 1900.0 - 1906.0. El eje X es orientado hacia el meridiano de Greenwich en 1903.0, llamado también Meridiano de Referencia IERS (*IERS Reference Meridian*) y el eje Y es perpendicular a estos dos (sistema coordinado de mano derecha). La escala del ITRS es definida en un marco geocéntrico de acuerdo con la teoría relativista de gravitación. Su orientación está forzada a no tener residuales en la rotación global con respecto a la corteza terrestre (IERS 2000, Teunissen and Kleusberg 1998, Kouba and Popelar 1999).

[III] SIRGAS es la densificación del ITRF en América. Está conformado por una red con 180 estaciones geodésicas de alta precisión, cuya distribución ofrece un cubrimiento homogéneo sobre el continente y, por lo tanto, las condiciones necesarias para que las redes nacionales estén vinculadas al ITRF. El Datum geodésico correspondiente está definido a partir de los parámetros del elipsoide GRS80 (*Geodetic Reference System, 1980*), orientado según los ejes coordenados del sistema de referencia SIRGAS, equivalente al ITRF (SIRGAS 1997).

[IIII] ITRF92 es un Datum que esta materializado con las más modernas técnicas de medición a través del *Internacional Earth Rotation Service* (IERS). En la actualidad Existe una pequeña diferencia entre el elipsoide de referencia adoptado

en el WGS84 respecto al que utiliza el ITRF (GRS80) en el parámetro de aplastamiento o achatamiento:

Parámetro	ITRS	WGS84
Semieje mayor (a)	6 378 137 m	6 378 137 m
Semieje menor (b)	6 356 752.31414 m	6 356 752.31424 m
Factor de achatamiento	1/298.257222101	1/298.257223563
Velocidad angular (w)	7 292 115x10¹¹ rad/seg	7 292 115 x 10¹¹ rad/seg
Constante gravitacional (GM)	3 986 005x10⁸ m³/seg²	3 986 005 x 10⁸ m³/seg²

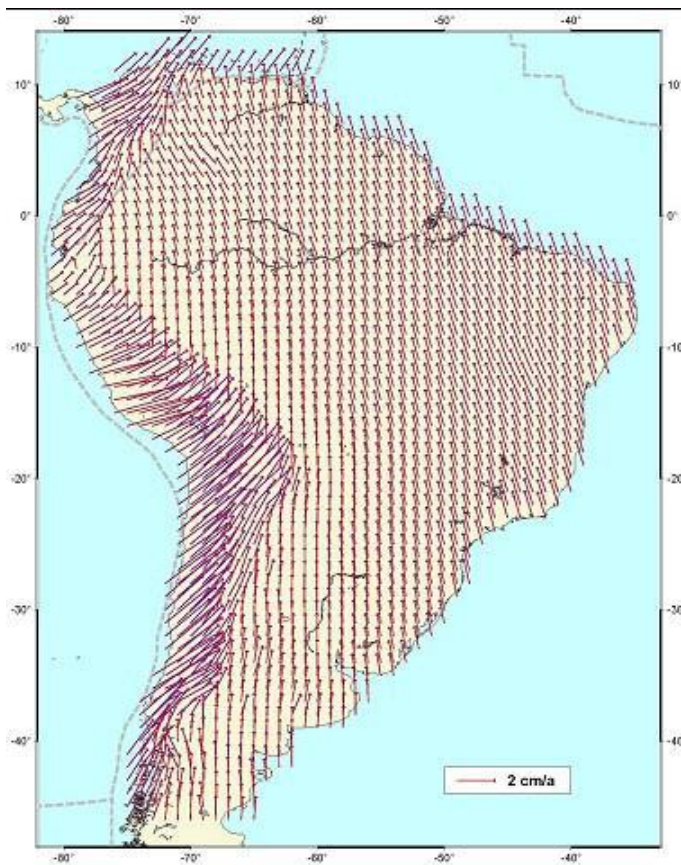
Para fines cartográficos podemos considerar idénticos los Datum WGS84 e ITRF92, es decir si se sobrepone información que está en ITRF92 con otra en WGS84 no percibiremos desplazamientos apreciables.

GEODESIA NACIONAL

Las tendencias modernas de globalización y la consecuente eliminación de fronteras en la generación y aprovechamiento de los datos espaciales, obligan la participación activa de Colombia en la apropiación y utilización de tecnologías de vanguardia en temas de georreferenciación. En la actualidad, tanto el sector público, como el privado, utilizan intensivamente la tecnología GPS (*Global Positioning System*), que se basa, por las coordenadas de los satélites, en un sistema de referencia geocéntrico. La incompatibilidad del Datum BOGOTÁ con esta tecnología hace evidente la necesidad de introducir un sistema de referencia geocéntrico en Colombia, de aceptación a nivel internacional y que garantice mantener las altas precisiones ofrecidas por esta tecnología en la determinación de coordenadas.

El IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) es la entidad gubernamental encargada de determinar, administrar y proporcionar los sistemas de referencia

geodésicos nacionales. Esta actividad exige su interacción cotidiana con otras entidades gubernamentales y organizaciones del sector privado generadores y consumidores de información georreferenciada, así como también un alto grado de cooperación con diversos organismos internacionales que definen el avance técnico científico en la determinación de coordenadas a nivel global. Un ejemplo es su participación en la red de estaciones GPS de funcionamiento continuo de SIRGAS mediante las estaciones permanentes actualmente instaladas en el país. Dicha red es procesada semanalmente por el Centro Asociado de Análisis de la Red Regional SIRGAS del Servicio GPS Internacional (IGS-RNAAC-SIR), el cual se apoya en el Sistema Internacional de Referencia Terrestre (ITRS), al que



también se refieren las coordenadas de los satélites GNSS.

Nuevo sistema tridimensional de referencia para Colombia: MAGNA (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia)

En Colombia, el IGAC, organismo nacional encargado de determinar, establecer, mantener y proporcionar los sistemas oficiales de referencia geodésico, gravimétrico y magnético (Decretos No. 2113/1992 y 208/2004) inició a

partir de las estaciones SIRGAS la determinación de la Red Básica GPS, denominada MAGNA (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia) que, por estar

referida a SIRGAS se denomina convencionalmente MAGNA-SIRGAS. Ésta está conformada por cerca de 70 estaciones GPS de cubrimiento nacional de las cuales 6 son de funcionamiento continuo, 8 son vértices SIRGAS y 16 corresponden con la red geodinámica CASA (Central and South American *Geodynamics Network*). Las coordenadas de las estaciones MAGNA-SIRGAS están definidas sobre el ITRF94, época 1995.4. Su precisión interna está en el orden de (± 2 mm... ± 7 mm), su exactitud horizontal en ± 2 cm y la vertical en ± 6 cm (Tremel et al. 2001, Sánchez et al. 1999).

Ilustración 3: Modelo de velocidades para América del Sur (Drewes and Heidbach, 2003).

Dado que Colombia se haya ubicada sobre la zona de convergencia de tres placas (Ilustración 3), la dinámica tectónica (placas rígidas + zonas de deformación) genera variaciones anuales entre 1 y 2 cm en las coordenadas geodésicas (Drewes and Heidbach 2003, Drewes et al. 1995, Kellogg and Vega 1995), las cuales deben ser tenidas en cuenta en el procesamiento de información geodésica precisa. De esta forma, con el propósito de determinar precisamente dichas variaciones, el IGAC adelanta la instalación de una red de estaciones GPS de funcionamiento continuo (red MAGNA-ECO), administradas desde su Sede Central y procesadas en conjunto con el Centro de Análisis Regional del IGS en el DGFI (RNAAC-SIR), de modo que sus posiciones también sean orientadas permanentemente con el ITRF vigente. De dichas estaciones ya están funcionando las correspondientes a Bogotá, Cartagena, Cali, Pereira, Cúcuta y Valledupar y, se adelanta la instalación de 10 estaciones más (Ilustración 4).

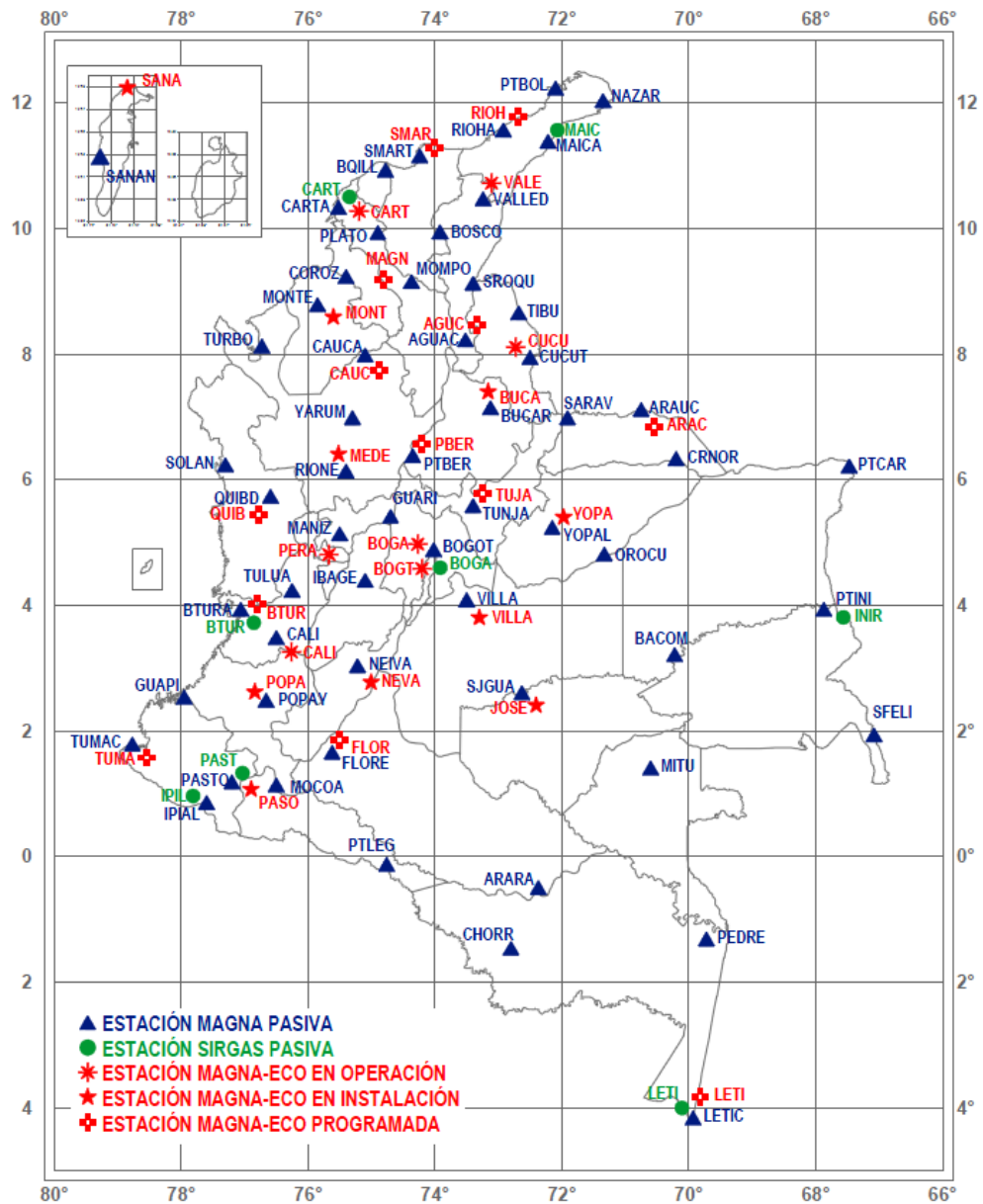


Ilustración 4: Sistema MAGNA-SIRGAS: Red básica GPS y estaciones de funcionamiento continuo (MAGNA-ECO) (Estado octubre de 2004)

Modelo Geoidal para Colombia: GEOCOL2004:

El Sistema MAGNA-SIRGAS proporciona, primariamente, coordenadas tridimensionales geocéntricas $[X, Y, Z]$, las cuales pueden expresarse en coordenadas geográficas, latitud (ϕ) y longitud (λ) y alturas (h) sobre el elipsoide de referencia. La obtención de alturas clásicas (referidas al nivel medio del mar) requiere la determinación, a partir del análisis del campo de gravedad terrestre, de una superficie vertical de referencia (geoide o cuasi-geoide) y su relación con dicho elipsoide.

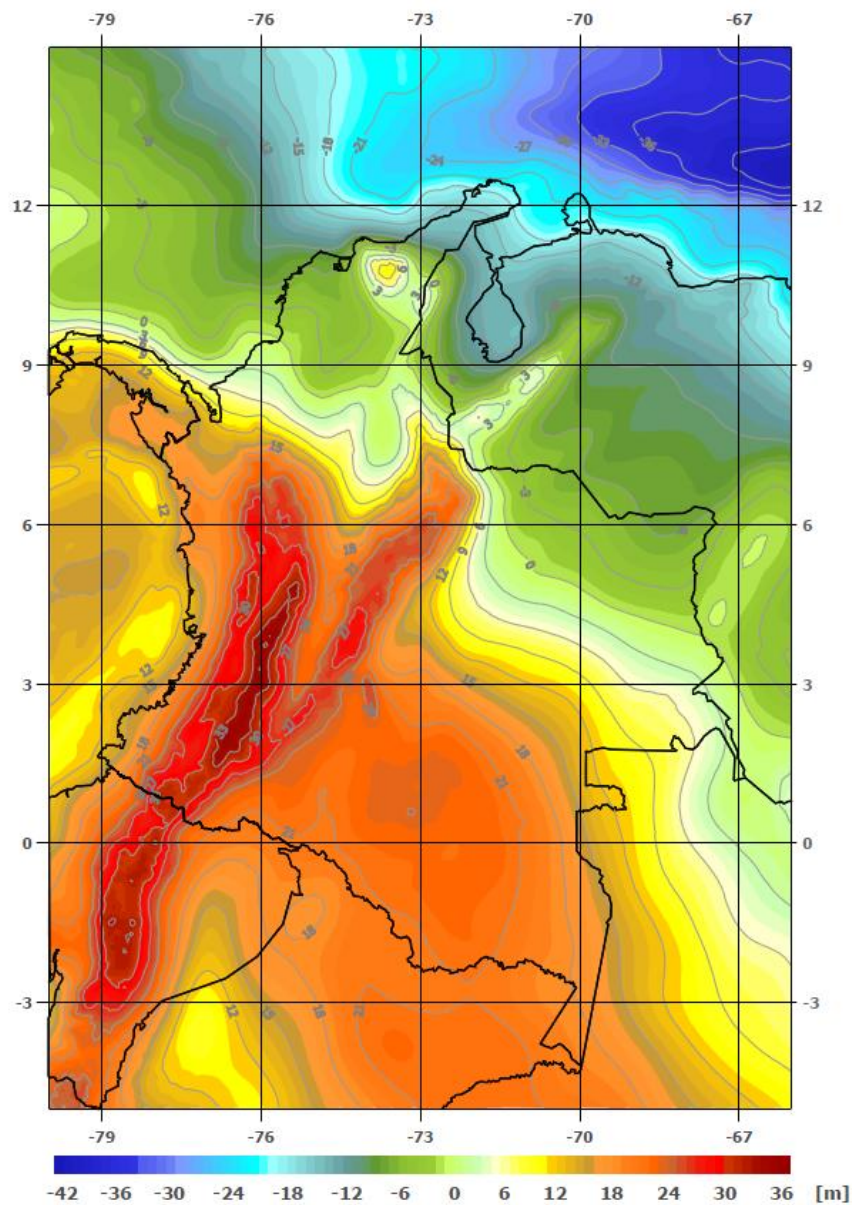


Ilustración 5: Modelo geoidal (cuasi-geoidal) para Colombia (GEOCOL2004).

El geode (cuasi-geoide) en Colombia se ha determinado mediante la técnica remove/restore. Ésta permite relacionar las características regionales (longitudes de onda larga) del campo de gravedad, expresadas en un Modelo Geopotencial Global (MGG), y sus detalles (longitudes de onda corta), obtenidos a través de la

evaluación local del modelo físico matemático de Stokes (o Molodensky). En el modelo GEOCOL2004, la componente geoidal global ha sido calculada con el Modelo TEG-4 (*Texas Earth Gravity 4*, Tapley et al. 2001) y la local, con anomalías gravimétricas medias (2'x 2'). Las alturas geoidales (cuasi-geoidales) obtenidas oscilan entre -21 m y 34 m.

La principal aplicación práctica del modelo geoidal (cuasi-geoidal) calculado, se basa en la determinación de alturas similares a las niveladas a partir de información GPS, lo que se traduce en la extensión del control vertical hasta áreas poco densificadas como los Llanos Orientales y la zonas selváticas del país. De acuerdo con esto, paralelamente a la determinación del geoide, se ha diseñado una metodología de nivelación satelital (anexo 3), que permite establecer alturas sobre el nivel medio del mar utilizando las elipsoidales, obtenidas de los levantamientos GPS ligados a MAGNA-SIRGAS, y las ondulaciones geoidales (cuasi-geoidales) calculadas (Sánchez & Martínez 1999). Las alturas clásicas determinadas por este método presentan precisiones similares a las obtenidas por nivelaciones trigonométricas ($\pm 0,80$ m).

CONVERSIÓN ENTRE COORDENADAS

Cartesianas tridimensionales [X, Y, Z] y elipsoidales [ϕ , λ , h]:

Las coordenadas obtenidas mediante posicionamiento global por satélite corresponden con las cartesianas geocéntricas [X, Y, Z], cuya relación con las elipsoidales [ϕ , λ , h] corresponde con (Ilustración 5) :

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (N+h)\cos\phi\cos\lambda \\ (N+h)\cos\phi\sin\lambda \\ ((1-e^2)N+h)\sin\phi \end{bmatrix} \quad \text{Ecuación 5}$$

Así mismo, las coordenadas elipsoidales $[\phi, \lambda, h]$ se derivan a partir de las geocéntricas $[X, Y, Z]$ a través de:

$$\tan \varphi = \frac{Z + e'^2 b \sin^3 \vartheta}{\sqrt{X^2 + Y^2} - e^2 a \cos^3 \vartheta} \quad ; \quad \tan \vartheta = \frac{Z a}{\sqrt{X^2 + Y^2} b}$$

$$\tan \lambda = \frac{Y}{X}$$

$$h = \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{\cos \varphi} - N$$

Ecuación 6

Siendo:

a, b semiejes mayor y menor del elipsoide de referencia

e^2, e'^2 primera y segunda excentricidad del elipsoide de referencia

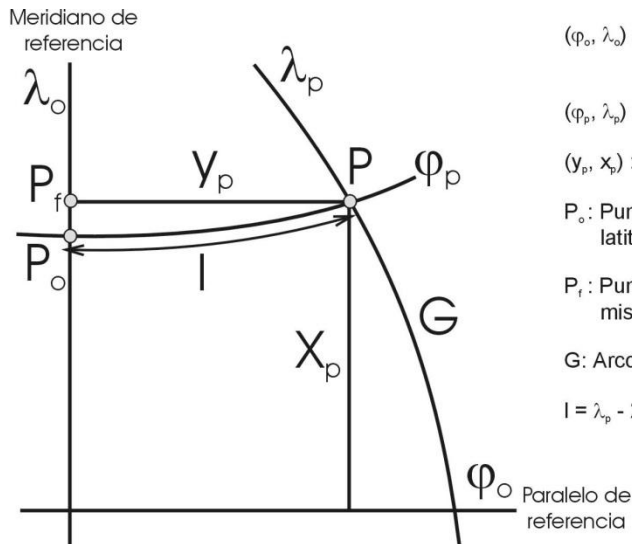
N radio de la curvatura principal o gran normal.

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}}$$

Ecuación 7

Coordenadas elipsoidales $[\varphi, \lambda, h]$ y planas de Gauss-Krüger $[N, E]$:

Las coordenadas planas de Gauss-Krüger $[N, E]$ se obtienen a partir de las coordenadas elipsoidales $[\varphi, \lambda]$ mediante (Ilustración 6)



- (φ_o, λ_o) : Coordenadas geodésicas del origen (meridiano y paralelo de referencia)
- (φ_p, λ_p) : Coordenadas geodésicas del punto de cálculo
- (y_p, x_p) : Coordenadas planas del punto de cálculo
- P_o : Punto sobre el meridiano de referencia con la misma latitud del punto de cálculo
- P_f : Punto guía (sobre el meridiano de referencia con la misma coordenada x del punto de cálculo)
- G: Arco de meridiano del punto de cálculo
- $I = \lambda_p - \lambda_o$: Diferencia de longitud entre el punto de cálculo y el meridiano de referencia

Ilustración 6: Coordenadas planas de Gauss-Krüger[N, E] y elipsoidales [ϕ , λ].

Coordenada Norte:

$$\begin{aligned}
 N = & 1000000,0 + (G(\varphi_p) - G(\varphi_o)) + \frac{t}{2} N l^2 \cos^2 \varphi_p \\
 & + \frac{t}{24} N \cos^4 \varphi_p (5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4) l^4 \\
 & + \frac{t}{720} N \cos^6 \varphi_p (61 - 58t^2 + t^4 + 270\eta^2 - 330t^2 \eta^2) l^6 \\
 & + \frac{t}{40320} N \cos^8 \varphi_p (1385 - 3111t^2 + 543t^4 - t^6) l^8 + \dots
 \end{aligned}$$

Ecuación 8

Coordenada Este:

$$\begin{aligned}
 E &= 1\,000\,000,0 + N l \cos \varphi_p \\
 &+ \frac{1}{6} N \cos^3 \varphi_p (1 - t^2 + \eta^2) l^3 \\
 &+ \frac{1}{120} N \cos^5 \varphi_p (5 - 18t^2 + t^4 + 14\eta^2 - 58t^2 \eta^2) l^5 \\
 &+ \frac{1}{5040} N \cos^7 \varphi_p (61 - 479t^2 + 179t^4 - t^6) l^7 + \dots
 \end{aligned}$$

Ecuación 9

Donde N equivale a la ecuación 3 y $l = \lambda_p - \lambda_o$; $t = \tan \varphi_p$; $\eta^2 = e'^2 \cos^2 \varphi_p$

Arco meridiano del punto de cálculo $G(\varphi_p)$:

$$G(\varphi_p) = \alpha [\varphi + \beta \sin 2\varphi + \gamma \sin 4\varphi + \delta \sin 6\varphi + \varepsilon \sin 8\varphi + \dots]$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \frac{a+b}{2} \left(1 + \frac{1}{4} n^2 + \frac{1}{64} n^4 + \dots \right) ; & \beta &= -\frac{3}{2} n + \frac{9}{16} n^3 - \frac{3}{32} n^5 + \dots \\
 \gamma &= \frac{15}{16} n^2 - \frac{15}{32} n^4 + \dots ; & \delta &= -\frac{35}{48} n^3 + \frac{105}{256} n^5 - \dots \\
 \varepsilon &= \frac{315}{512} n^4 + \dots ; & n &= \frac{a-b}{a+b}
 \end{aligned}$$

Ecuación 10

siendo a, b, e^2, e'^2 las constantes del elipsoide de referencia. ϕ se expresa en radianes.

El cálculo de coordenadas elipsoidales $[\phi, \lambda]$ a partir de las planas de Gauss-Krüger $[N, E]$ se adelanta a través de:

Latitud:

$$\begin{aligned} \varphi &= \varphi_f + \frac{t_f}{2N_f^2}(-1-\eta_f^2)\Delta E^2 \\ &+ \frac{t_f}{24N_f^4}(5+3t_f^2+6\eta_f^2-6t_f^2\eta_f^2-3\eta_f^4-9t_f^2\eta_f^4)\Delta E^4 \\ &+ \frac{t_f}{720N_f^6}(-61-90t_f^2-45t_f^4-107\eta_f^2+162t_f^2\eta_f^2+45t_f^4\eta_f^2)\Delta E^6 \\ &+ \frac{t_f}{40320N_f^8}(1385+3633t_f^2+4096t_f^4+1575t_f^6)\Delta E^8 + \dots \end{aligned}$$

E

cuación 11

Longitud:

$$\begin{aligned} \lambda &= \lambda_o + \frac{1}{N_f \cos \varphi_f} \Delta E + \frac{1}{6N_f^3 \cos \varphi_f}(-1-2t_f^2-\eta_f^2)\Delta E^3 \\ &+ \frac{1}{120N_f^5 \cos \varphi_f}(5+28t_f^2+24t_f^4+6\eta_f^2+8t_f^2\eta_f^2)\Delta E^5 \\ &+ \frac{1}{5040N_f^7 \cos \varphi_f}(-61-662t_f^2-1320t_f^4-720t_f^6)\Delta E^7 + \dots \end{aligned}$$

Latitud del punto guía (φ_f)

$$\varphi_f = \frac{\Delta N}{\alpha} + \beta \sin \frac{2\Delta N}{\alpha} + \gamma \sin \frac{4\Delta N}{\alpha} + \delta \sin \frac{6\Delta N}{\alpha} + \varepsilon \sin \frac{8\Delta N}{\alpha} + \dots$$

$$\alpha = \frac{a+b}{2} \left(1 + \frac{1}{4}n^2 + \frac{1}{64}n^4 + \dots \right) ; \quad \beta = \frac{3}{2}n - \frac{27}{32}n^3 + \frac{269}{512}n^5 + \dots$$

$$\gamma = \frac{21}{16}n^2 - \frac{55}{32}n^4 + \dots ; \quad \delta = \frac{151}{96}n^3 - \frac{417}{128}n^5 - \dots$$

$$\varepsilon = \frac{1097}{512}n^4 + \dots ; \quad n = \frac{a-b}{a+b}$$

Ecuación 12

Siendo:

$$\Delta N = N - N'_o ; \quad \Delta E = E - E_o ; \quad t_f = \tan \varphi_f ; \quad \eta_f^2 = e'^2 \cos^2 \varphi_f$$

donde a, b, e^2, e'^2 son las constantes del elipsoide de referencia y N corresponde con la ecuación 3.

N'_o es la coordenada Norte para $\varphi = 0$ (plano ecuatorial), siendo para el Datum BOGOTA $N'_o = 491\,447,16$ m y para MAGNA-SIRGAS $N'_o = 491\,767,5344$ m.

Coordenadas elipsoidales $[\varphi, \lambda, h]$ y planas cartesianas $[N, E]$

El cálculo de coordenadas planas cartesianas $[N, E]$ a partir de elipsoidales $[\varphi, \lambda]$ corresponde con:

$$N = M_{\varphi_o} \left[\Delta\varphi_{rad} + \frac{\tan \varphi_o \Delta\lambda_{rad}^2 N_{\varphi}^2 \cos^2 \varphi}{2 M_{\varphi_o} N_{\varphi_o}} \right] \times \left[1 + \frac{Pp}{M_{\varphi_m}} \right] + N_o$$

$$E = \Delta\lambda_{rad} N_{\varphi} \cos \varphi \left[1 + \frac{Pp}{N_{\varphi_o}} \right] + E_o$$

Ecuación 13

Igualmente la conversión de coordenadas planas cartesianas [N, E] a geodésicas [φ , λ] está dada por:

$$\varphi = \varphi_o + \Delta\varphi \quad \lambda = \lambda_o + \Delta\lambda$$

$$\Delta\varphi_{rad} = \frac{\Delta N}{\left[1 + \frac{Pp}{a(1-e^2)} \right] M_{\varphi_o}} - \left[\frac{\tan \varphi_o}{2 M_{\varphi_o} N_{\varphi_o}} \times \left(\frac{\Delta E}{1 + \frac{Pp}{a}} \right)^2 \right]$$

$$\Delta\lambda_{rad} = \frac{\Delta E_{ste}}{N_{\varphi} \cos \varphi \left(1 + \frac{Pp}{a} \right)}$$

Ecuación 14

Siendo:

N, E : coordenadas cartesianas planas del punto de cálculo

N_o, E_o : origen del sistema de coordenadas cartesianas

$$\Delta N = N - N_o ; \Delta E = E - E_o$$

φ, λ : coordenadas geográficas del punto de cálculo

φ_o, λ_o : coordenadas geográficas del origen del sistema cartesiano

$$\Delta\varphi = \varphi - \varphi_o \quad ; \quad \Delta\lambda = \lambda - \lambda_o \quad ; \quad \varphi_m = (\varphi_o + \varphi) / 2$$

P_p : Altura del plano de proyección

a : semieje mayor del elipsoide de referencia

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}} \quad ; \quad M = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{3/2}}$$

Fuentes Anexo 2:

- I. <http://ingecivilcusco.blogspot.com/2009/09/sistema-geodesico-mundial-1984-wgs84.html>
- II. http://en.wikipedia.org/wiki/International_Terrestrial_Reference_Frame
- III. http://www.iers.org/sid_0F9DC98E91A1880EC2AD4BB3C9B3980B/IERS/EN/IERSHome/home.html?_nnn=true
- IV. http://geoplanes.wikispaces.com/file/view/aspectos+practicos+adopcion+MAGNA_SIRGAS+en+Colombia.pdf

ANEXO 3: MANEJO DE LA HERRAMIENTA MAPCLEAN-AUTOCAD MAP 3D® COMO PARTE DEL REFINAMIENTO DE MAPAS VECTORIALES

El uso de un software como AutoCAD® y su suite de servicios al usuario, brinda la posibilidad de mejorar en gran medida la calidad de todos y cada uno de los mapa que se utilizan en la base de datos.

Un comando útil y necesario para tal fin, es MAPCLEAN:

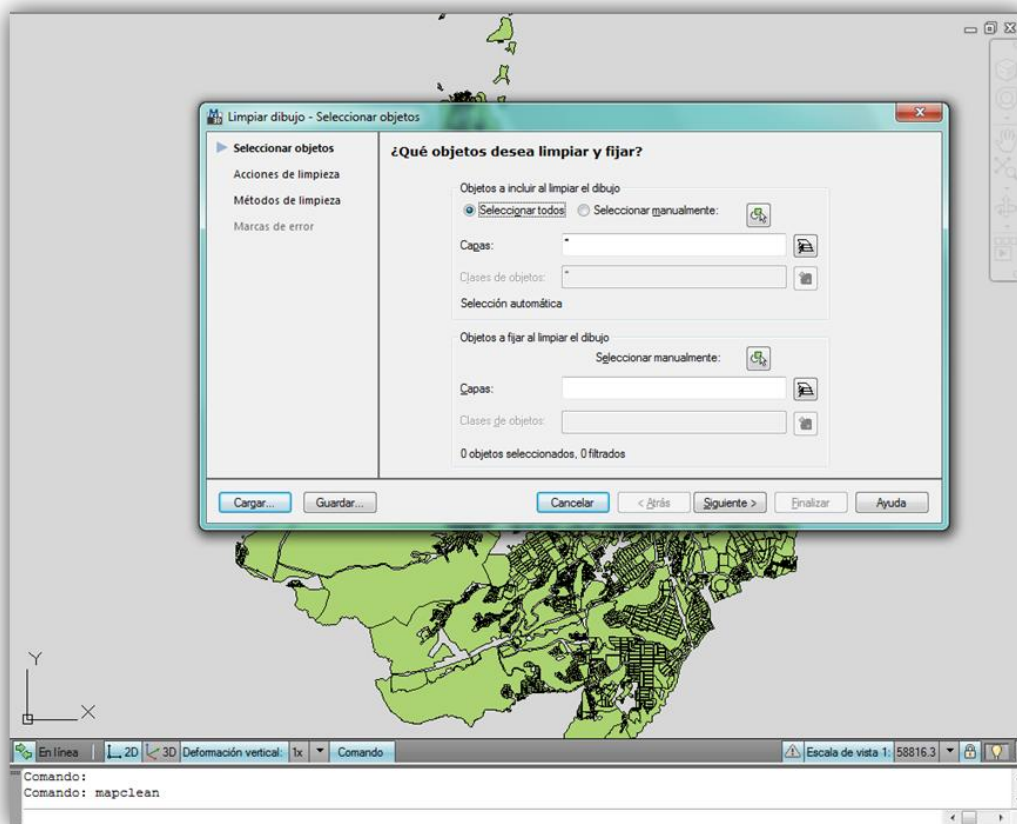


Ilustración 7: Entorno Autocad® y Comado Mapclean

Procedimiento: Cargar capa SHAPE y manejo del comando MAPCLEAN

Para poder manejar archivos SHAPE en AutoCAD, se debe trabajar bajo la versión AutoCADMap3D, que permite exportar este tipo de archivos y convertirlos a extensión .dwg (plano en Autocad).

Dentro del menú principal, se hace clic en conectar, lo cual nos despliega un menú de opciones de conexión dentro de la cual, esta conectar a un .shp

Se carga el archivo .shp, alojado en forma local en el equipo; luego se conecta AutoCAD Map3D con la capa correspondiente.

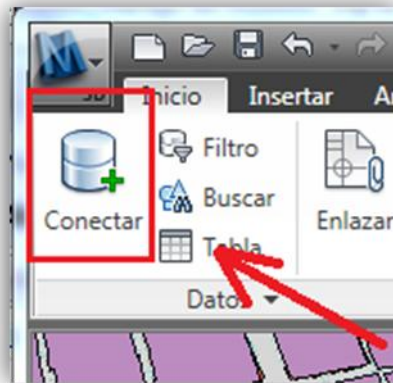


Ilustración 8: Icono, conexión de archivos Autocad Map3D

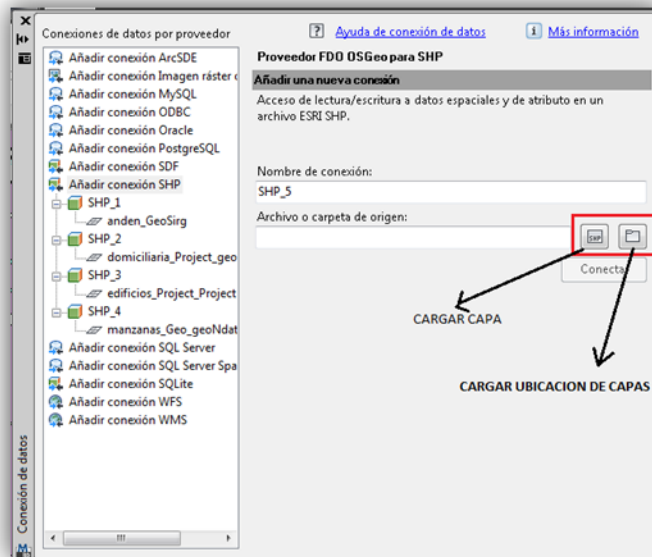


Ilustración 9: Menú de opciones, archivo shape

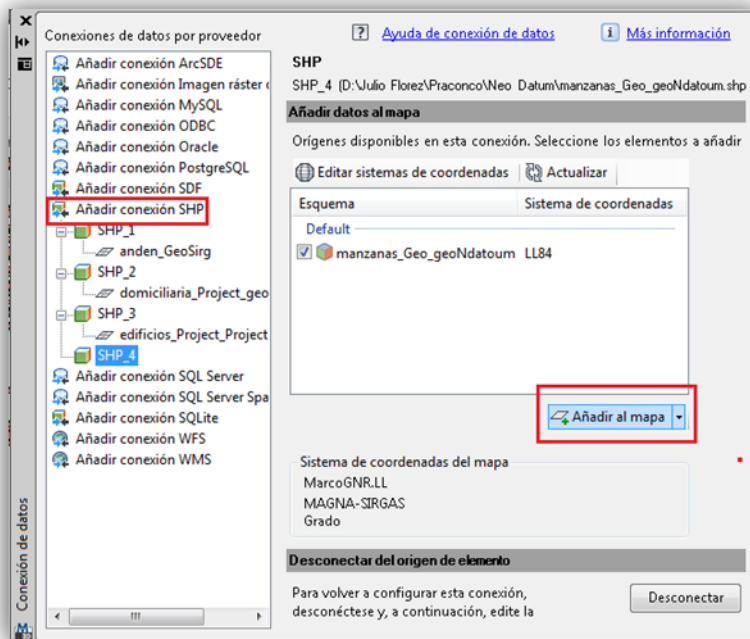


Ilustración 10: Añadir capa a un proyecto en Autocad Map3D

Una vez se establece la conexión con el archivo .shp, esta interfaz carga la capa. Luego se debe añadir al mapa para que se muestre gráficamente el mapa (capa). Las capas añadidas se muestran en el panel Derecho del programa:

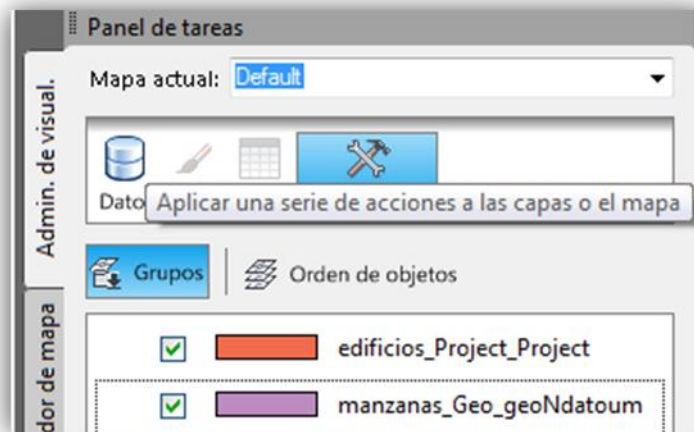


Ilustración 11: Panel derecho. Opciones de capas añadidas

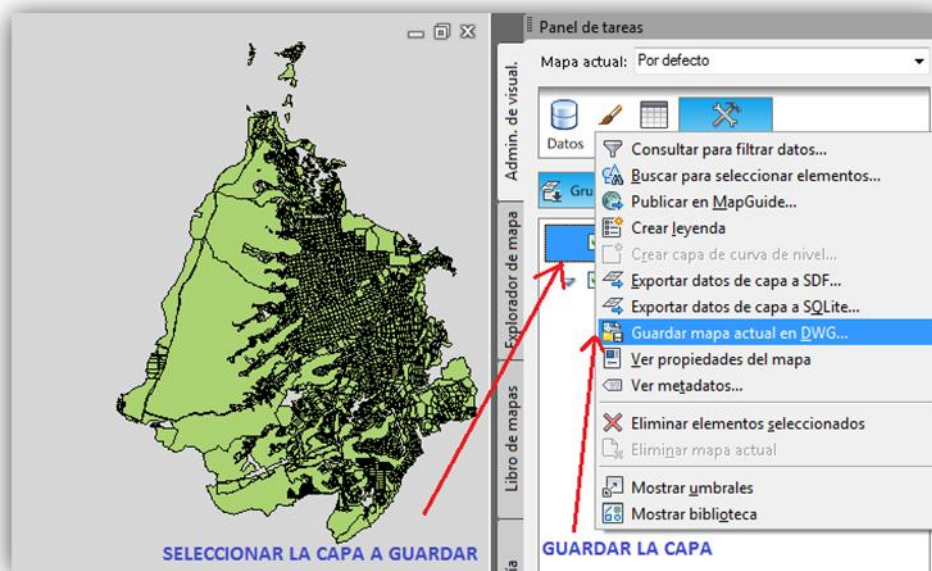


Ilustración 12: Guardar mapa shape como .dwg en Autocad Map3D

Una vez cargadas las capas correspondientes, se deben guardar en el equipo como planos con extensión .dwg para poder aplicar el procedimiento de limpieza y depuración de mapas, conocido como el comando MapClean.

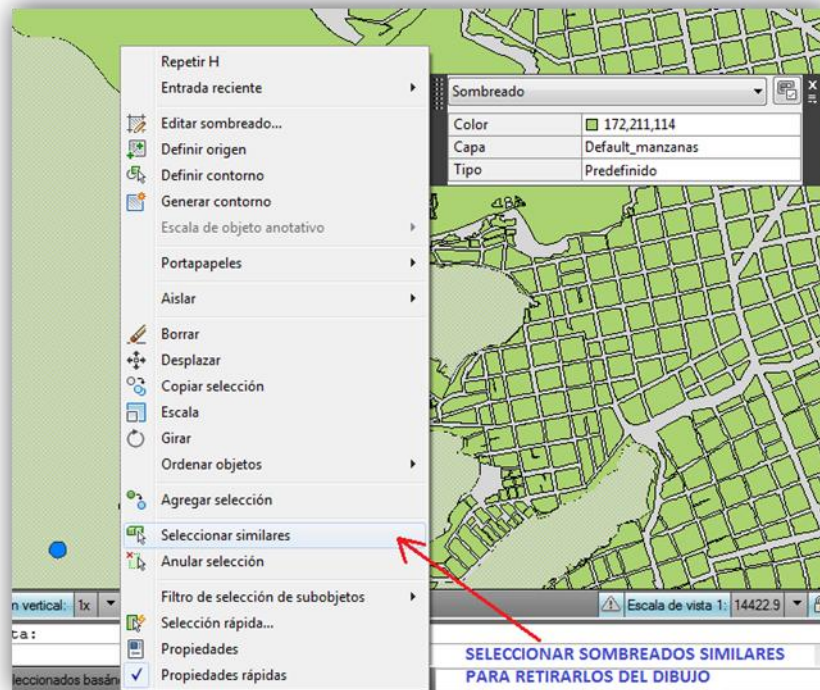


Ilustración 13: Selección de similares en Autocad Map3D

Al tener el mapa solo con las geometrías necesarias, se debe cambiar la precisión en las unidades de medida en el entorno de AUTOCAD MAP3D, para las líneas con las cuales se toma la selección de tolerancia que se aplica al dibujo. Esto se ejecuta escribiendo OPCIONES en la ventana de comandos, con lo cual aparece la siguiente ventana:

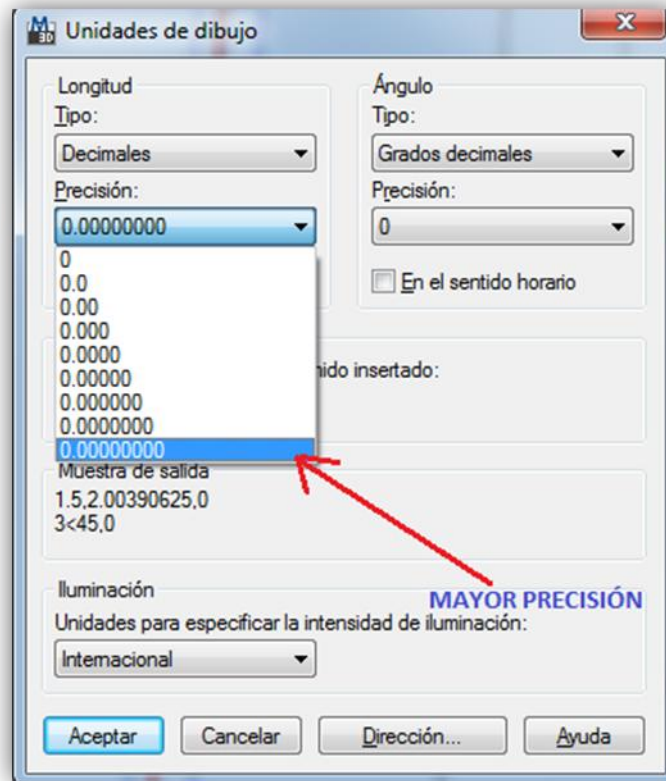


Ilustración 14: Opciones unidades de dibujo

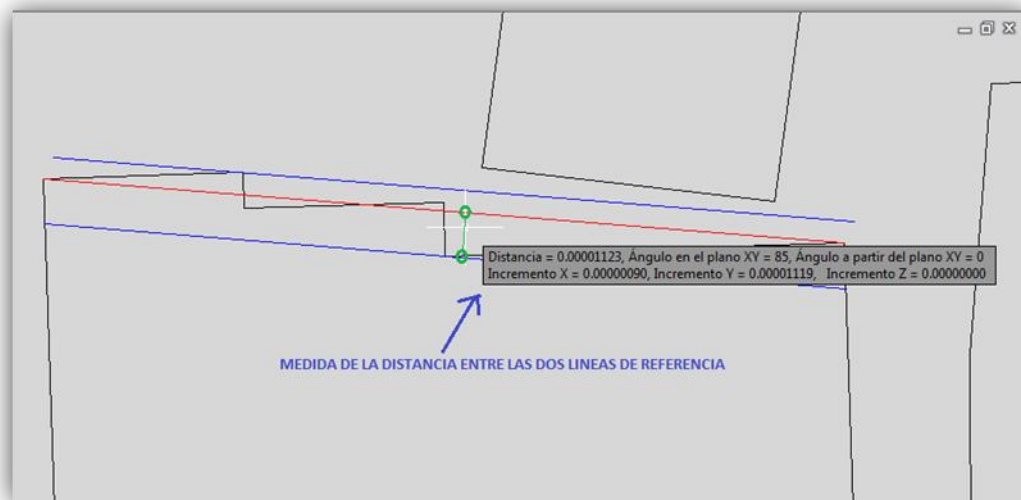


Ilustración 15: Medida entre líneas de referencia

La geometría de la Ilustración 16, corresponde solo a una muestra de los defectos que se deben refinar en el plano de manzanas de Bucaramanga. Para este caso, la corrección solo requiere de una tolerancia superior a la máxima distancia medida entre la línea que se desea como resultado (línea roja), y sus paralelas tangentes al polígono (líneas azules). Para este caso, la tolerancia límite es de 0.00001123 unidades de proyección (WGS84 – SRID: 4326).

La herramienta MapClean se ejecuta en 3 etapas:

I. Selección de Objetos:

Se seleccionan los objetos que se desean refinar, activando la casilla Seleccionar todos.



Ilustración 16: Selección de objetos – Mapclean Autocad Map3D

II. Acciones de Limpieza:

Posteriormente, se prosigue con las acciones de limpieza, en donde se Disuelven seudonodos y se Simplifican objetos. En esta etapa se asigna la tolerancia de 0.00003 a la acción: Simplificar objetos, como parámetro de refinación global de los polígonos seleccionados del mapa.

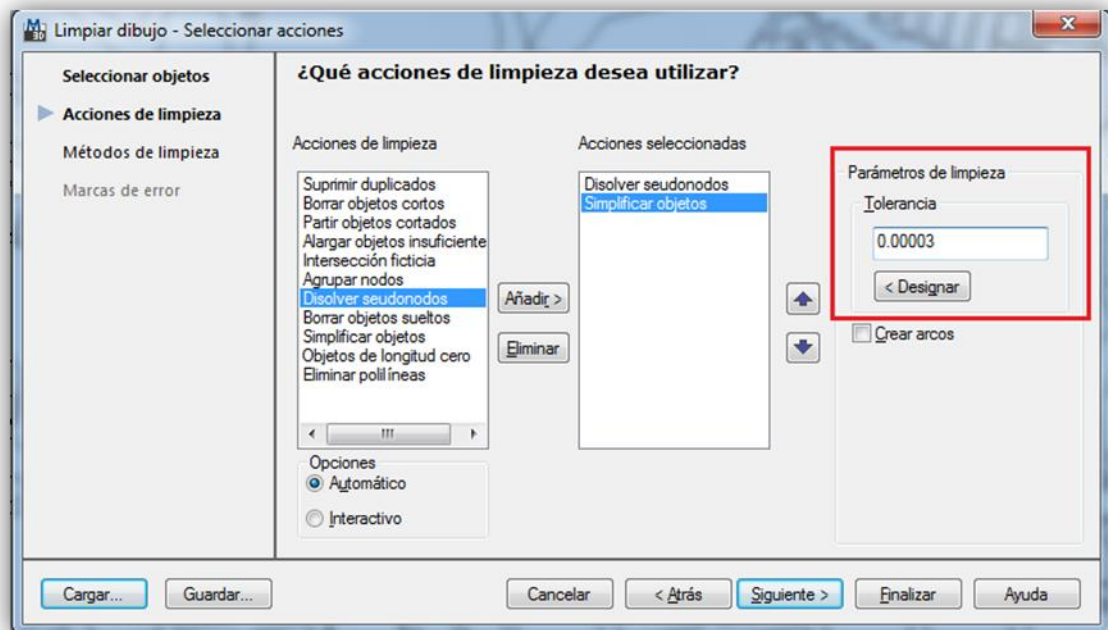


Ilustración 17: Acciones de limpieza Autocad Map3D

III. Métodos de Limpieza:

Se activa la casilla Modificar objetos originales para evitar duplicados, y se convierten tanto líneas como círculos a polilíneas al activar las respectivas casillas, tal como se observa en la Ilustración 19.

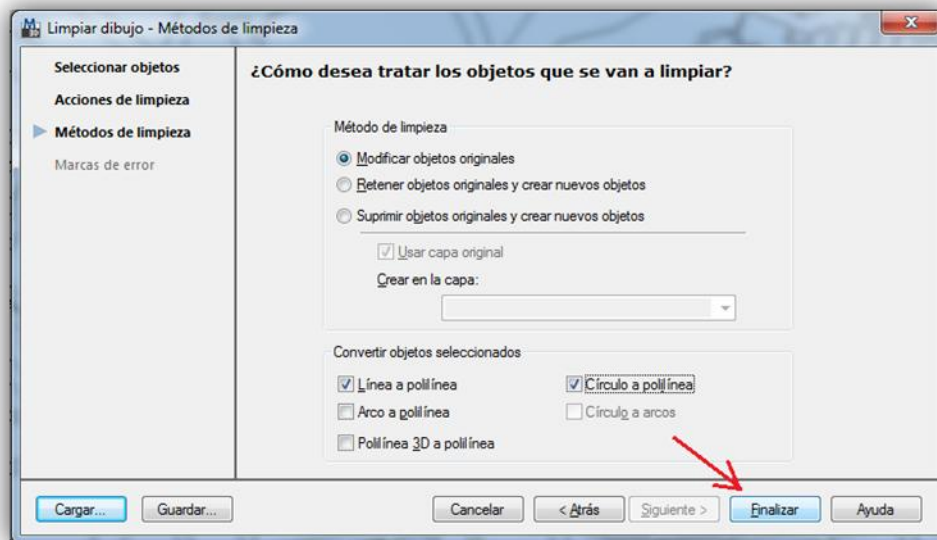


Ilustración 18: Métodos de limpieza y tratamiento a los objetos Autocad Map3D

Al finalizar el proceso de refinación del mapa, se obtiene una muy buena aproximación de los polígonos contenidos en el mapa, previo a la exportación hacia la base de datos POSTGIS.

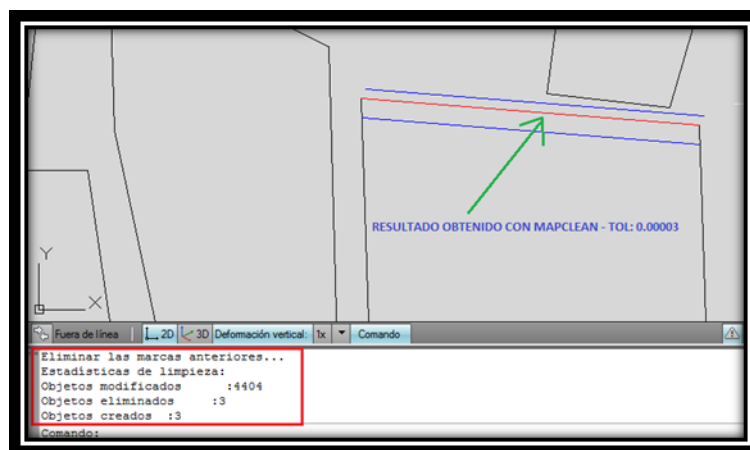


Ilustración 19: Resultado obtenido – Comando Mapclean Autocad Map3D

EXPORTACIÓN DE .DWG A .SHP

AutoCAD Map3D mediante su entorno ofrece una gran variedad de formatos de salida, a los objetos de dibujo soportados por él. Para el propósito del presente proyecto se requiere convertir o exportar no solo los propios objetos, sino también sus datos asociados, y a medida que se exportan los objetos, se realiza automáticamente una determinada conversión de coordenadas.

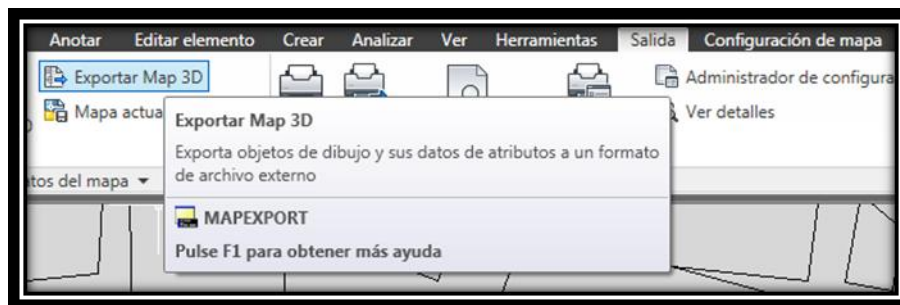


Ilustración 20: Menú de opciones de salida Autocad Map3D

En este caso se requiere exportar el mapa refinado a un archivo tipo “*shape*”, por lo que acudimos al menú Salida, en la parte superior del entorno, y elegimos la opción: Exportar Map 3D, y especificamos las opciones de configuración para el archivo, tal como se observa en la Ilustración 22.

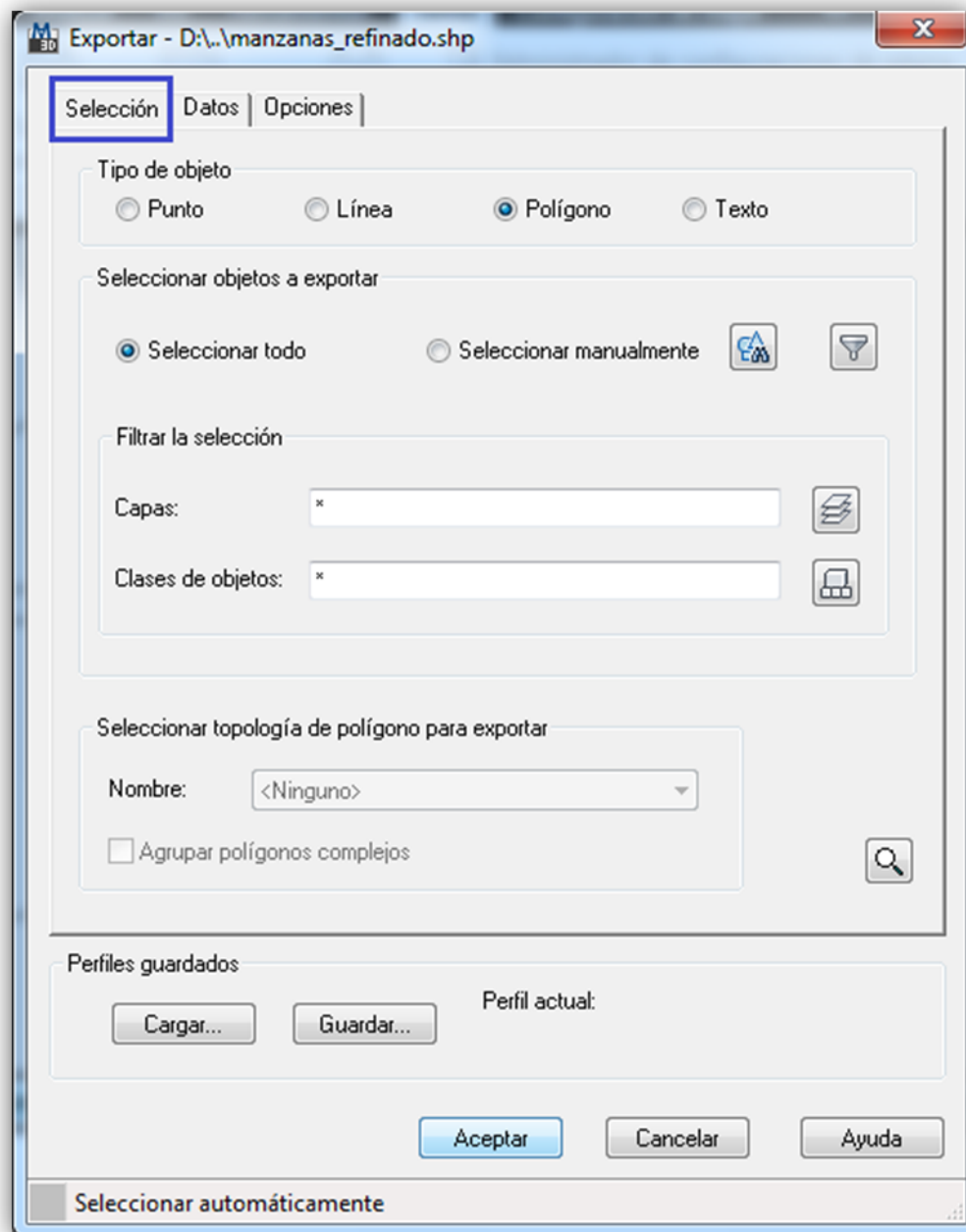


Ilustración 21: Opciones de salida shape – selección.

En esta instancia, se debe seleccionar como tipo de objeto de salida, la casilla polígono que nos permite transformar las polilíneas del mapa a objetos tipo polígono.

Posteriormente se selecciona la pestaña Datos, que permite crear la tabla de atributos asociados al mapa vectorial.

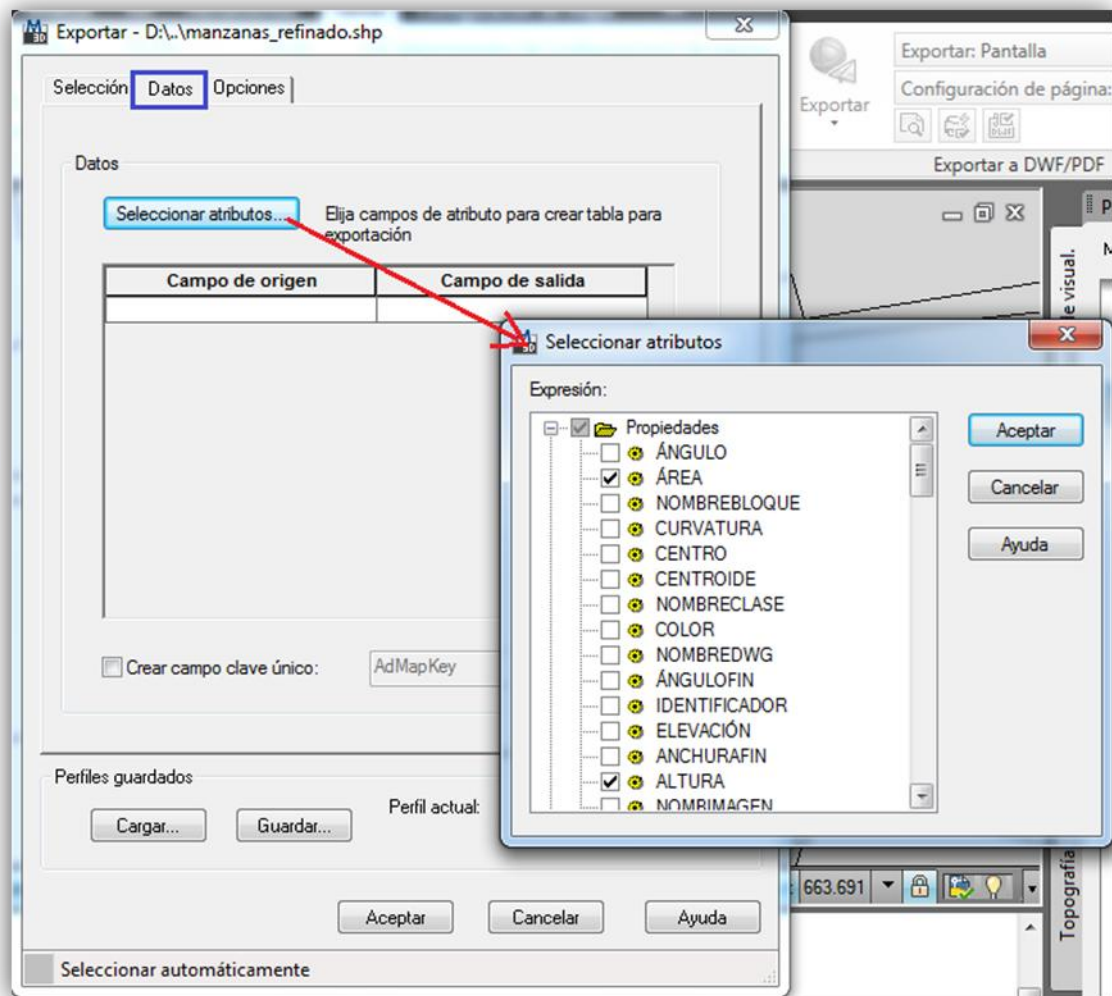


Ilustración 22: Opciones de salida shape – datos

Y finalmente se configura la pestaña de Opciones:

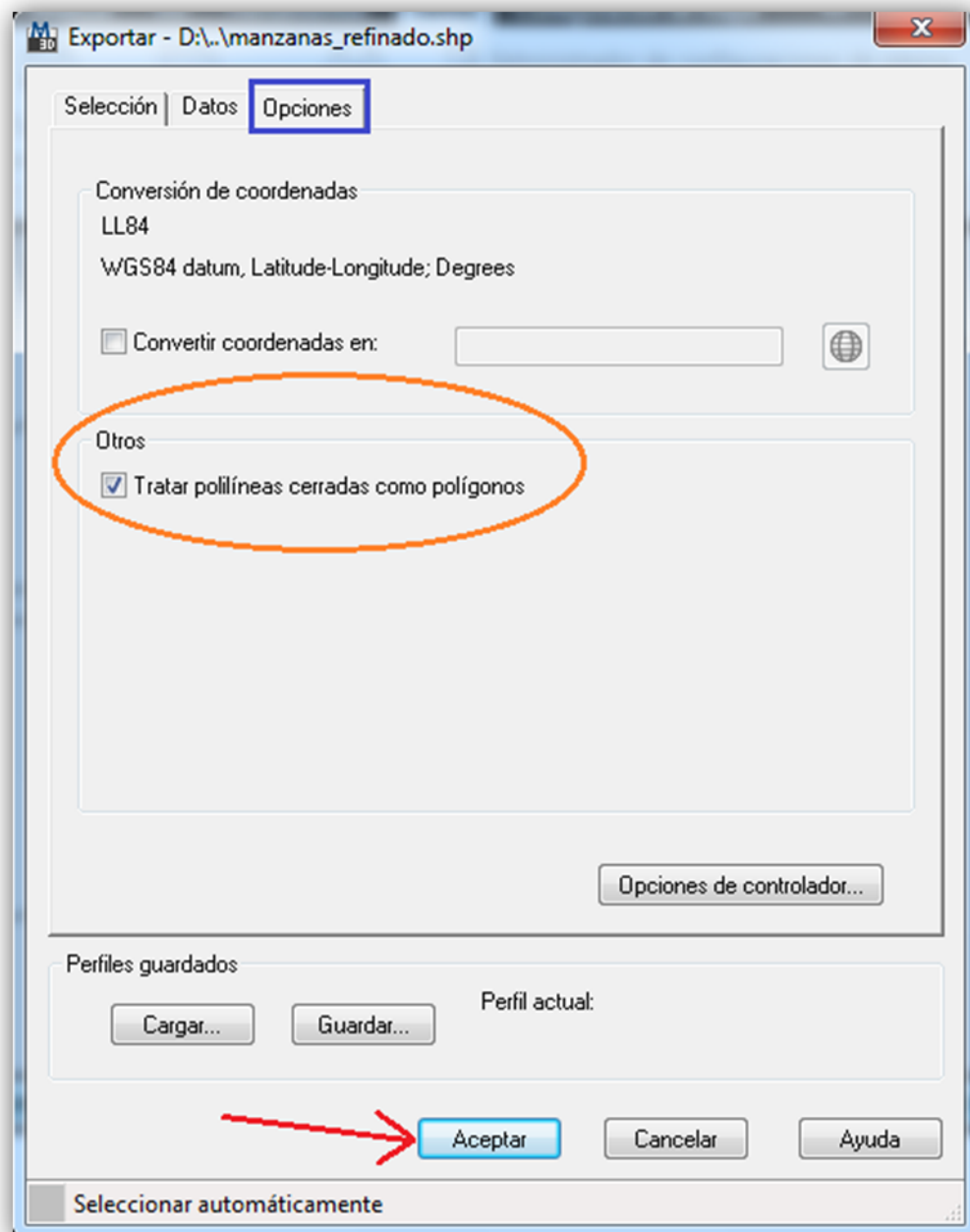


Ilustración 23: Opciones de salida shape – opciones

Una vez finalizado el procedimiento de exportación de mapa, se genera una serie de archivos con extensiones asociadas. Cada archivo posee información característica de la extensión general ESRI SHAPE.

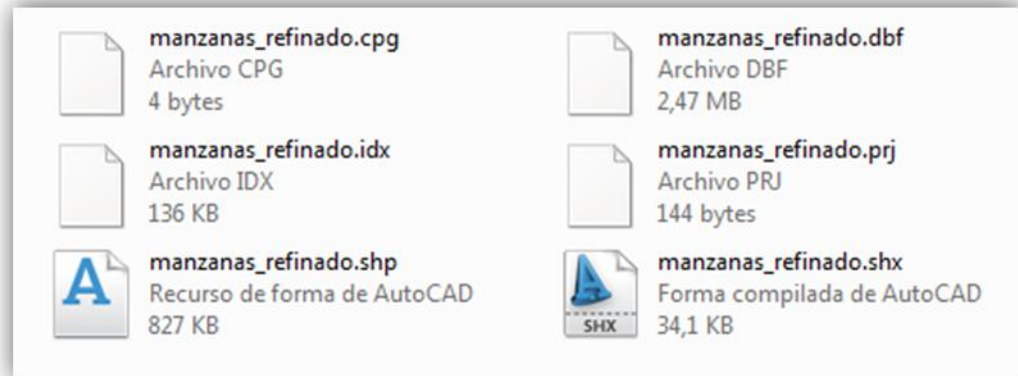


Ilustración 24: Extensiones creadas por Autocad Map3D para archivos ESRI_Shape

ANEXO 4:

GEORREFERENCIACIÓN DE UN PLANO CON AUTOCAD MAP3D

Cuando los planos arquitectónicos son elaborados, se usa un factor de escala arbitrario asumido por el autor y se especifica en un recuadro dentro del rotulado. Las unidades manejadas en estos tipos de planos se basan en sistemas métricos establecidos como metros, kilómetros, yardas, pies, pulgadas, etc.

Al hablar de mapas geo-referenciados, existe una unidad especial para medir distancias, establecida por el sistema UTM, denominada Grado Geográfico•. AutoCAD MAP3D maneja una longitud de medida establecida por la escala del dibujo con el cual se esté trabajando. Es necesario manejar un factor de escala adecuado para iniciar con la georreferenciación de un plano.

Para explicar este proceso de georreferenciación, se optó por seleccionar el plano de Edificios de la Universidad Industrial de Santander (UIS), compuesto por objetos de dibujo.



Ilustración 25: Mapa general de edificios de la UIS con zonas recreativas

En este método se usa la cancha “1° de Marzo” como objeto de conversión de escala y alineación del plano. A continuación expone el procedimiento para la georeferenciación en X etapa:

- A un Grado Geográfico ($^{\circ}$ geográfico) se le designa al $1/360$ de la longitud media del meridiano terrestre, equivalente a 111,307 Km.

ETAPA 1: Extracción de Coordenadas desde GoogleEarth®

El software para la visualización del globo terráqueo GoogleEarth^{IV} es un programa informático similar a un Sistema de Información Geográfica (SIG), creado por la empresa Keyhole Inc., que permite visualizar imágenes en 3D del planeta, combinando imágenes de satélite, mapas y el motor de búsqueda de Google que permite ver imágenes a escala de un lugar específico del planeta. [+]

^{IV}http://es.wikipedia.org/wiki/Google_Earth

Para nuestro propósito se localiza la “cancha” de la UIS con este software y tomamos la lectura de los 4 vértices del objeto.

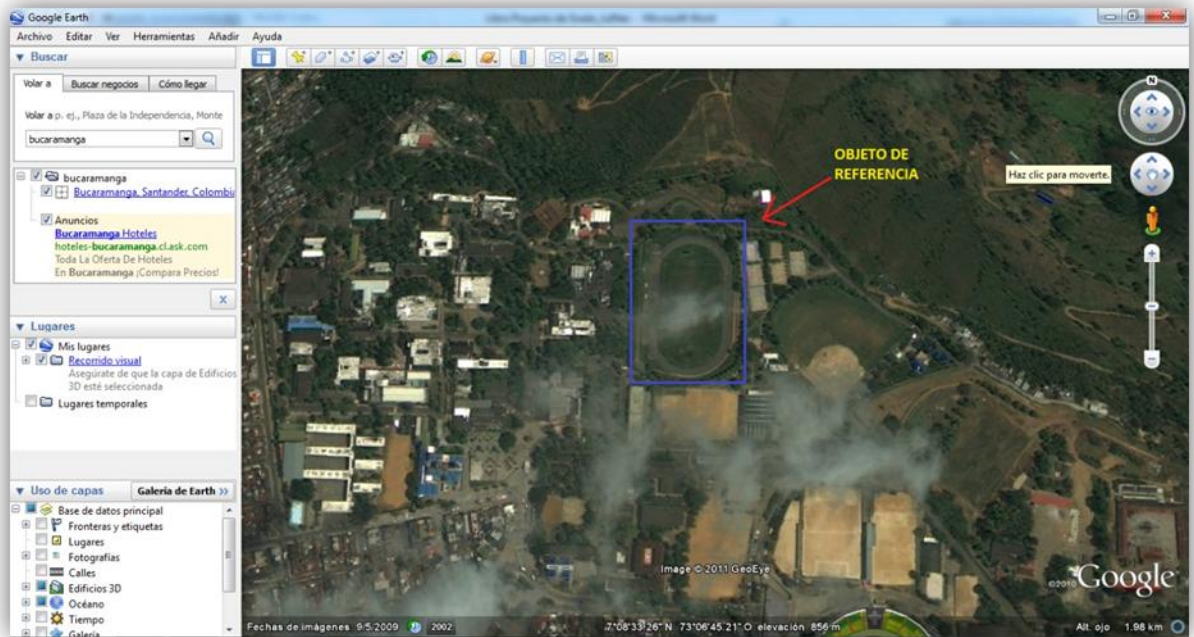


Ilustración 26: Vista de la UIS desde Google Earth

Se procede a tomar la lectura de coordenadas para cada uno de los 4 vértices de este objeto:

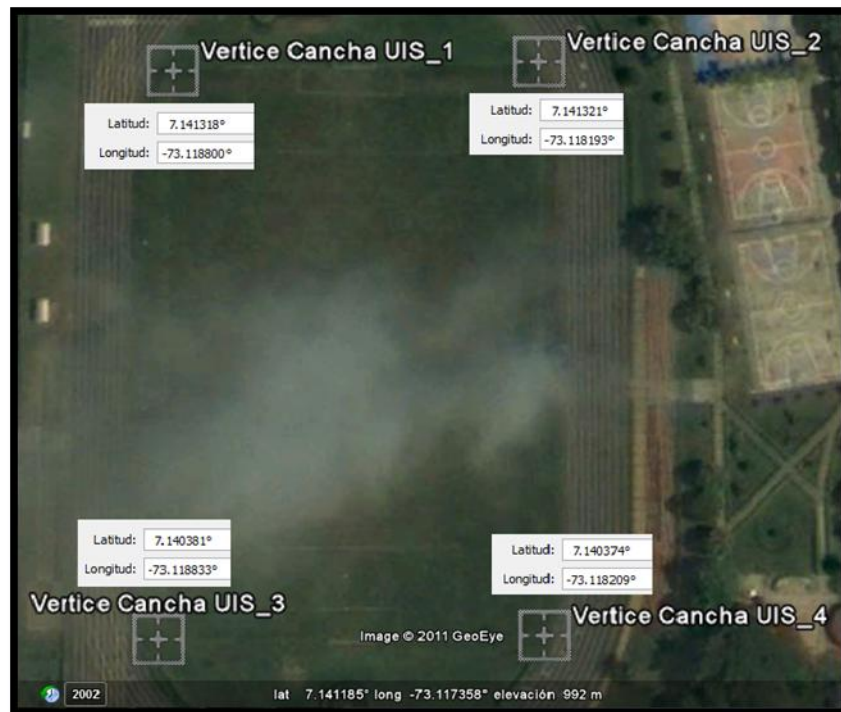


Ilustración 27: Coordenadas de los vértices para la cancha UIS desde Google Earth

ETAPA 2: Posicionamiento de coordenadas extraídas con Google Earth sobre un mapa en AutoCAD Map3D previamente geo-referenciado

En esta etapa se construye en AutoCAD Map3D el rectángulo de la cancha usando las coordenadas de los vértices extraídas mediante Google Earth. Este rectángulo se construye en un mapa previamente geo-referenciado al Sistema de proyección geográfica WGS-84, razón por la cual se opta por trabajar con el mapa de *manzanas_refinado.dwg* previo a su exportación como archivo SHAPE.

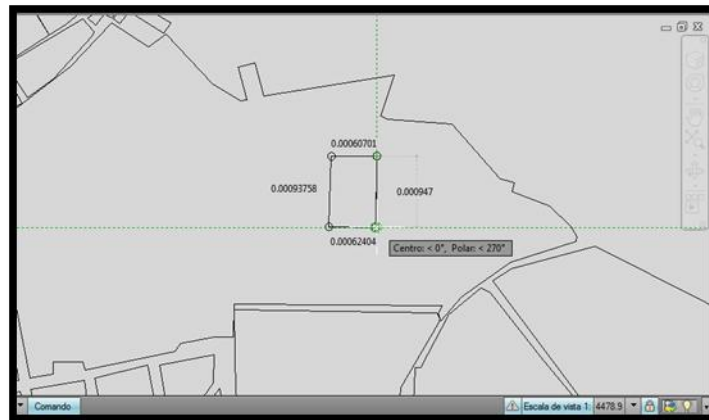


Ilustración 28: Construcción y dimensión de la cancha UIS sobre manzanas_refinado.dwg

Ahora se toman las distancias limitantes de la cancha 1° de Marzo, desde el plano general de la UIS para posteriormente hallar un factor de escala adecuado para adaptar la capa de edificios de la UIS al plano de *manzanas_refinado.dwg*.

ETAPA 3: Determinación de escala para el mapa edificios UIS y escalado del mismo

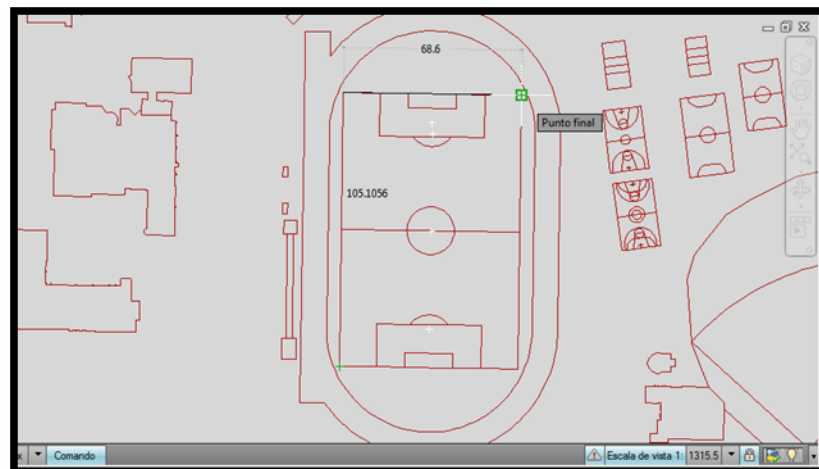


Ilustración 29: Dimensión de la cancha sobre el plano de edificios UIS

Aquí se determina la relación entre la dimensión de la cancha en grados geográficos y la dimensión en metros, para luego promediarlos y encontrar el factor de escala necesario para incorporar el plano de edificios UIS como una capa dentro del mapa *manzanas_refinado.dwg*.

Estas relaciones se especifican a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Relación Oeste} &= \frac{0.000093758^\circ \text{ geográficos}}{105.1056 \text{ m}} \\ &= 8.920361998 \times 10^{-6} \left[\text{° geográfico/m} \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Relación Este} &= \frac{0.0000947000^\circ \text{ geográficos}}{105.1056 \text{ m}} \\ &= 9.009986147 \times 10^{-6} \left[\text{° geográfico/m} \right] \end{aligned}$$

$$\text{Relación Norte} = \frac{0.00060701^\circ \text{ geográficos}}{68.6 \text{ m}} = 8.848542274 \times 10^{-6} \left[\text{° geográfico/m} \right]$$

$$\text{Relación Sur} = \frac{0.00062404^\circ \text{ geográficos}}{68.6 \text{ m}} = 9.96793003 \times 10^{-6} \left[\text{° geográfico/m} \right]$$

El promedio de estas relaciones da como resultado:

$$8.968920855 \times 10^{-6} \left[\text{° geográfico/m} \right]$$

Con lo cual obtenemos empíricamente, que 1° geográfico corresponde aproximadamente a 111,496 km, arrojando un error de -0.15912% con referencia al 111,319 km especificado en la geo-referenciación con el elipsoide WGS-84, que se basa en una proyección UTM referenciado al meridiano de Greenwich.

Para escalar el plano de edificios UIS, se elige la escala calculada empíricamente, correspondiente a $8.968920855 \times 10^{-6}$.

ETAPA 4: Escalado y alineación del plano edificios UIS

En la Ilustración 32, se observa el plano de edificios UIS escalado y en proceso de alineación dentro del mapa *manzanas_refinado.dwg*. En esta alineación se usó el comando “ALINEAR” en AutoCAD Map3D, y se usaron como puntos de referencia, 3 de los 4 vértices de la cancha.

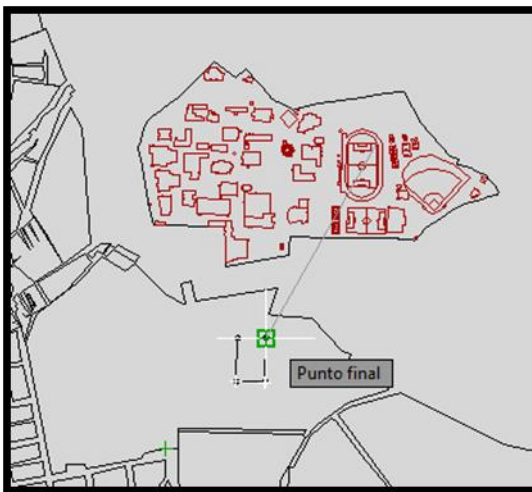


Ilustración 30: Escalado y alineación del plano edificios UIS

Después de especificar el tercer punto de alineación (punto final), inmediatamente se incrusta el plano de edificios UIS escalado dentro del mapa *manzanas_refinado.dwg*, tal como se muestra en la Ilustración 33.

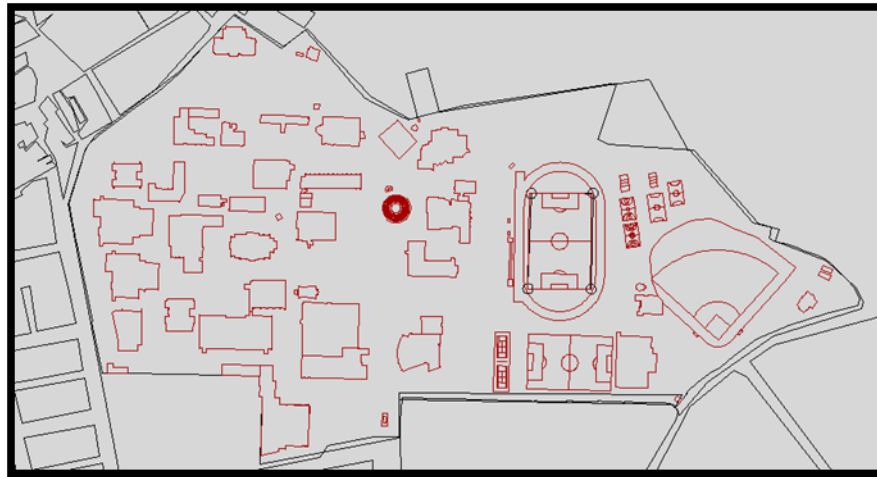


Ilustración 31: Posicionamiento del plano edificios UIS como capa dentro de *manzanas_refinado.dwg*

En esta instancia se encuentra referenciado el plano de edificios UIS al sistema de coordenadas geográfica WGS-84, y se da por concluido el proceso de georeferenciación de un plano arquitectónico.

ANEXO 5: PUBLICAR MAPA VECTORIAL A BASE DE DATOS POSTGIS CON POSTGRES

INTRODUCCIÓN

PostGIS es una extensión al sistema de base de datos objeto-relacional PostgreSQL. Permite el uso de objetos GIS (*Geographic Information Systems*). PostGIS incluye el soporte de funciones básicas para el análisis de objetos GIS, convirtiéndose en un lenguaje de consultas. Esta creado por *Refractions ResearchInc*

^v Como un proyecto de investigación de tecnologías de bases de datos espaciales. Está publicado bajo licencia GNU.

Con PostGIS podemos usar todos los objetos que aparecen en la especificación OpenGIS como puntos, líneas, polígonos, poli-líneas, multipuntos, y colecciones geométricas.

IMPORTAR ARCHIVOS SHAPE A BASE DE DATOS POSTGIS

Método de carga SHAPE desde PostgreSQL

PostgreSQL cuenta con una herramienta para cargar archivos tipo SHAPE e importarlos a una Base de Datos (DDBB) PostGIS. Esta herramienta cuenta con una GUI, la cual facilita el procedimiento y publicación de mapas vectoriales.

^v <http://www.refractions.net/>

Esta interfaz se compone de: designar

- ✓ Shape File: donde se busca y carga el mapa en la interfaz

- ✓ PostGISConnection: crea la conexión a la DDBB en PostgreSQL, y solicita llenar los campos correspondientes a nombre de usuario, contraseña, locación del servidor y puerto de acceso junto con el nombre de la DDBB.

- ✓ Configuration: se brindan los datos de configuración de esquema, SRID, nombre de la tabla de destino y de la columna de geometría.

- ✓ Import Log: que muestra los resultados y salidas del procedimiento.

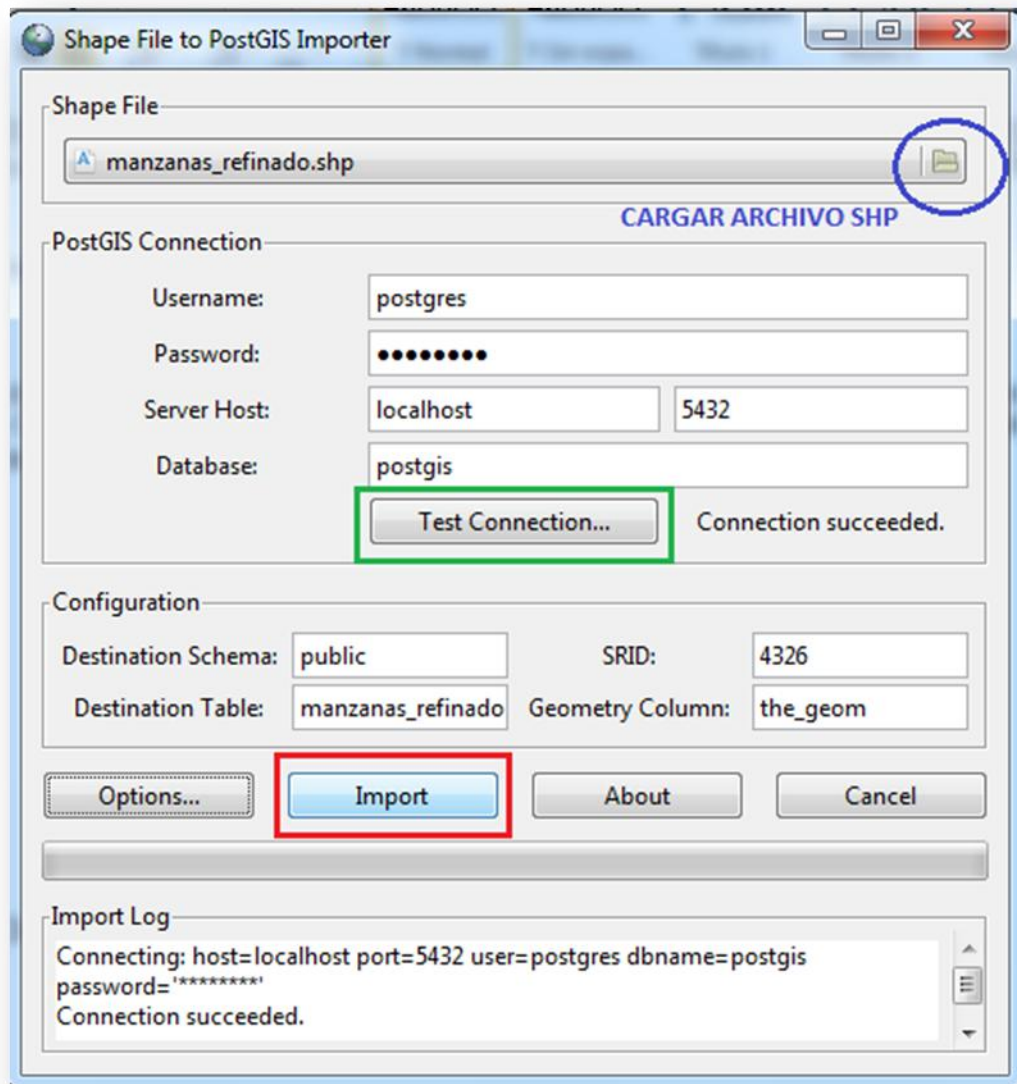


Ilustración 32: Uso de la GUI para publicar mapas shape a DDBB Postgis

Una vez importado el mapa, se puede visualizar como una nueva tabla, en la DDBB especificada.

Método de carga SHAPE desde Quantum GIS

Quantum GIS es un software de libre distribución para manejo de mapas georeferenciados, y cuenta con una interfaz muy sencilla e intuitiva, que provee un exportador de archivos .SHP hacia una DDBB, muy similar a la GUI que viene instalada por defecto en PostgreSQL.

Para acceder a la DDBB PostGIS, se debe crear primero una nueva conexión:

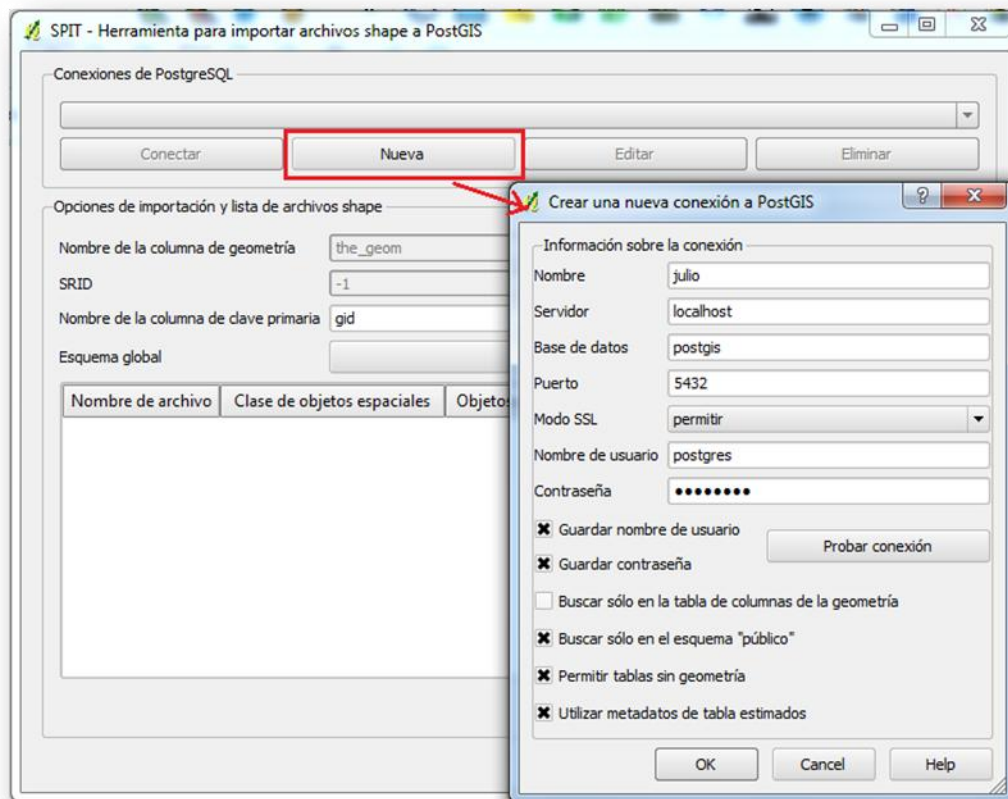


Ilustración 33: Nueva conexión a base de datos Postgis desde Quantum GIS

Esta interfaz presenta dos campos de ingreso de datos a configurar.

- ✓ Conexión de postgresQL: donde se crea una nueva conexión o se edita una existente hacia la DDBB PostGIS

- ✓ Opciones de importación y lista de archivos shape: consta de 5 campos.
 - **Nombre de la columna de geometría.** Por defecto se designa a la columna de elementos geométricos con el nombre “the_geom”, la cual es editable
 - **SRID.**Corresponde al identificador de geo-referencia del archivo shape, por defecto -1. Para el sistema de geo-proyección WGS84 corresponde a 4326.
 - **Nombre de la columna de clave primaria.** Este cargador crea automáticamente una columna para designarla como clave primaria (*primarykey*). Por defecto “gid”.
 - **Esquema global.** Corresponde al esquema general de la DDBB a la cual se está accediendo. Una vez conectado, aparece por defecto “public”
 - **Campo de carga para archivos shape.** Corresponde al área de la interfaz donde se visualiza la ruta del mapa a exportar hacia la DDBB PostGIS.

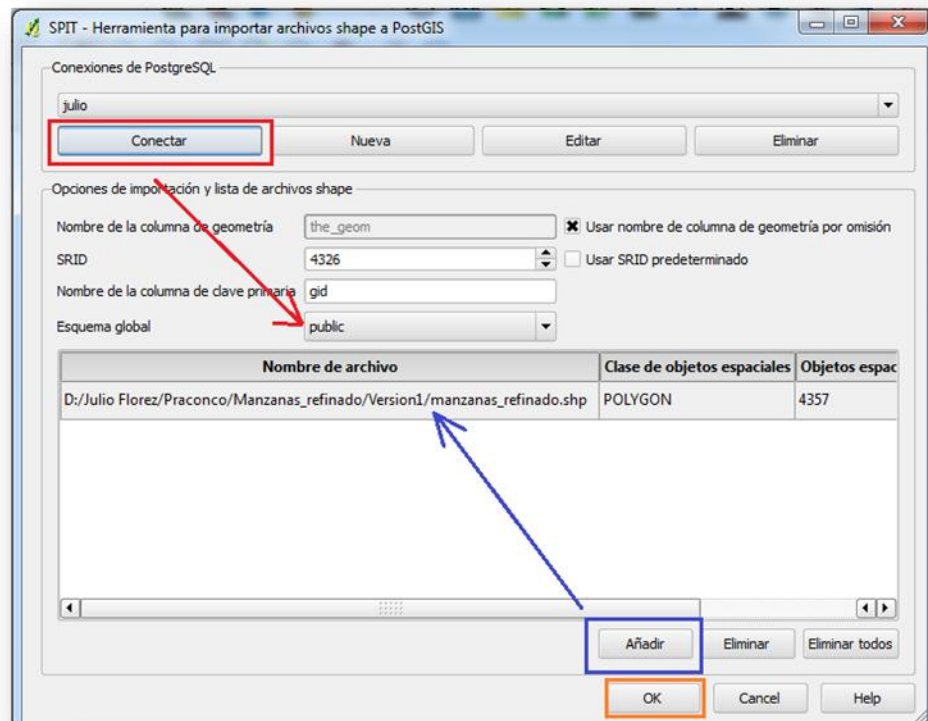


Ilustración 34: Herramienta Quantum GIS para exportar archivos shape a PostgreSQL

Los dos métodos son muy similares. El cargador de PostgreSQL carga el archivo SHAPE ubicando la llave primaria dentro de la tabla de atributos asociada, mientras que si no posee una llave primaria, debe ser exportado con Quantum GIS para generarla automáticamente.

ANEXO 6:

CONEXIÓN A BASE DE DATOS MEDIANTE JAVA

INTRODUCCIÓN

Para que una aplicación en Java se comunice con una base de datos usando la API *JDBC*, se requiere de un conector que comunique a la aplicación con la base de datos. Ese conector es específico para el manejador de base de datos y viene en la forma de un archivo “.jar” o “.zip”. Por ejemplo el conector para la base de datos PostgreSQL, está en el archivo:

Postgresql-8.3-603.jdbc3.jar

Este conector debe incluirse en el archivo JAR de despliegue de la aplicación.

NetBeans^{VI} nos permite realizar dos tareas relacionadas con las bases de datos:

- Conectar una aplicación a una base de datos.
- Conectar a NetBeans directamente a una base de datos para crear, eliminar, modificar tablas, agregar, eliminar, modificar renglones y realizar consultas.

^{VI} NetBeans es un entorno de desarrollo, hecho principalmente para el lenguaje de programación Java.

CONEXIÓN DE UNA APLICACIÓN A UNA BASE DE DATOS

Para conectar a una aplicación a una base de datos, se requiere:

- Agregarle a NetBeans el conector como una biblioteca. Esto permite que el conector esté disponible para los proyectos.
- Agregarle a un proyecto el conector. Esto permite que la aplicación se pueda conectar a la base de datos.

Agregar a NetBeans un conector a una Base de Datos

El procedimiento para agregarle a NetBeans un conector a una base de datos, en este caso PostgreSQL, es el siguiente:

- a) Se selecciona la opción **Tools/Library** en la barra de menú de NetBeans, y aparece un cuadro de diálogo que permite administrar las bibliotecas de NetBeans como se muestra en la Ilustración 37:

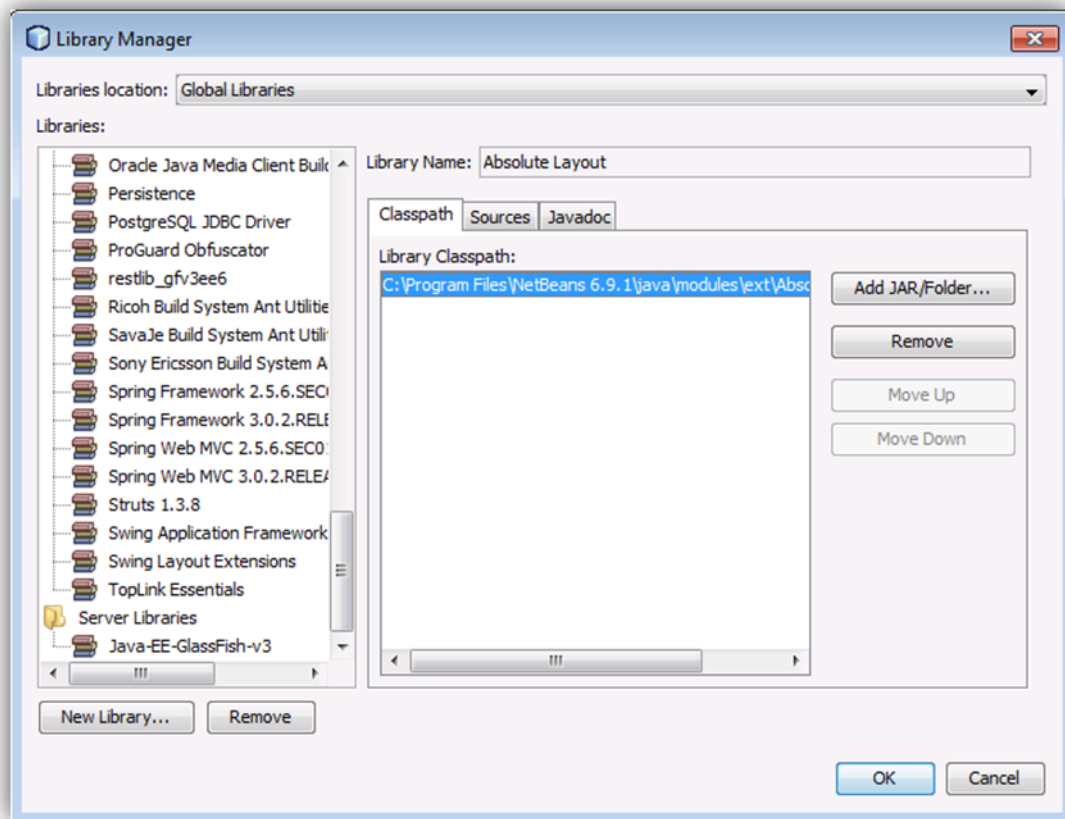


Ilustración 35: “Library Manager” de Netbeans

- b) Del lado izquierdo del cuadro de diálogo, aparece un recuadro con las bibliotecas agregadas a NetBeans. Del lado derecho aparece el nombre de la biblioteca y la trayectoria del archivo con la biblioteca. Para agregar el conector a PostgreSQL a NetBeans presione el botón New Library. Al hacerlo aparece el cuadro de la Ilustración 38.

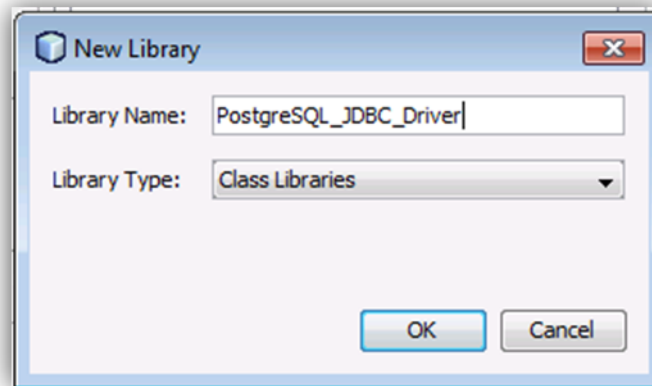


Ilustración 36: Agregar “New Library” en Netbeans.

- c) En este cuadro de diálogo estableceremos el nombre que le daremos al conector, **PostgreSQL JDBC Driver** en este caso, y presionamos el botón **OK**. NetBeans cierra el cuadro de diálogo, regresándonos al cuadro de diálogo del administrador de bibliotecas, Ilustración 39 y se presiona el botón *Add*

JAR/Folder.

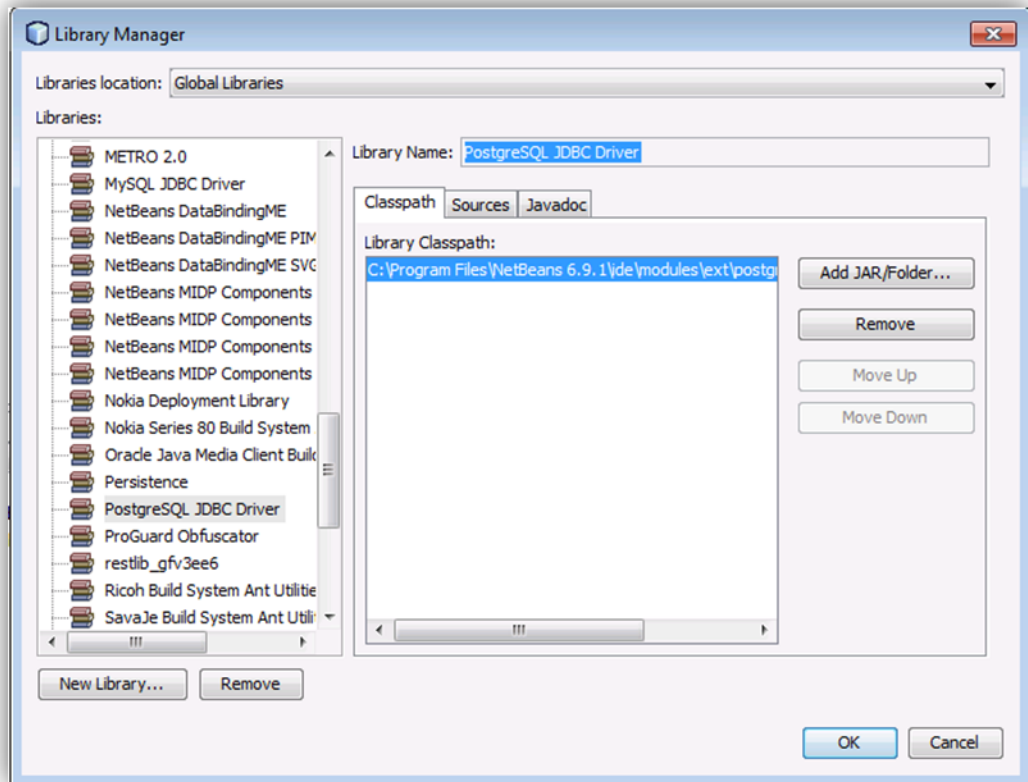


Ilustración 37: Cuadro de dialogo de bibliotecas.

- d) Aparece un cuadro de diálogo, Ilustración 40, que nos permite seleccionar el archivo que contiene al conector a PostgreSQL: postgresql-8.3-603.jdbc3.jar en este caso. Se selecciona y presiona el botón Add JAR/Fólder.

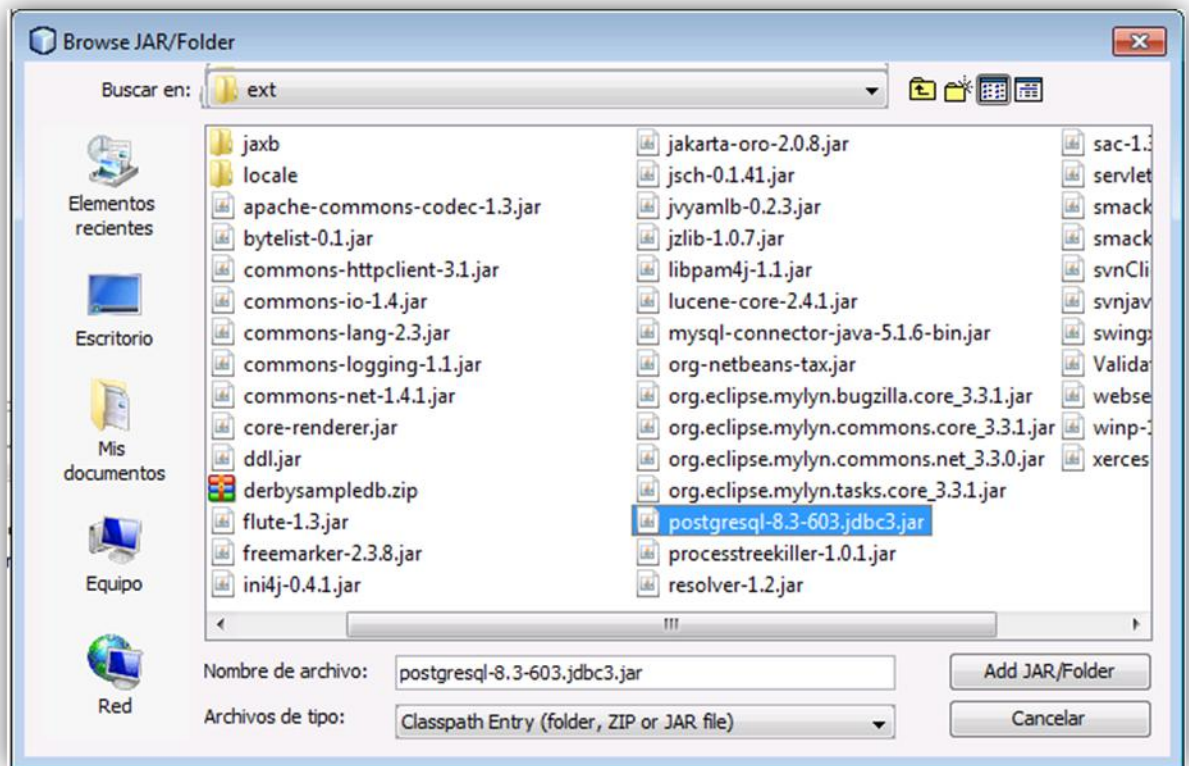


Ilustración 38: Agregar driver PostgreSQL.

- e) Regresamos al administrador de bibliotecas en donde aparece el conector agregado, Ilustración 41. Para confirmar presionamos el botón OK.

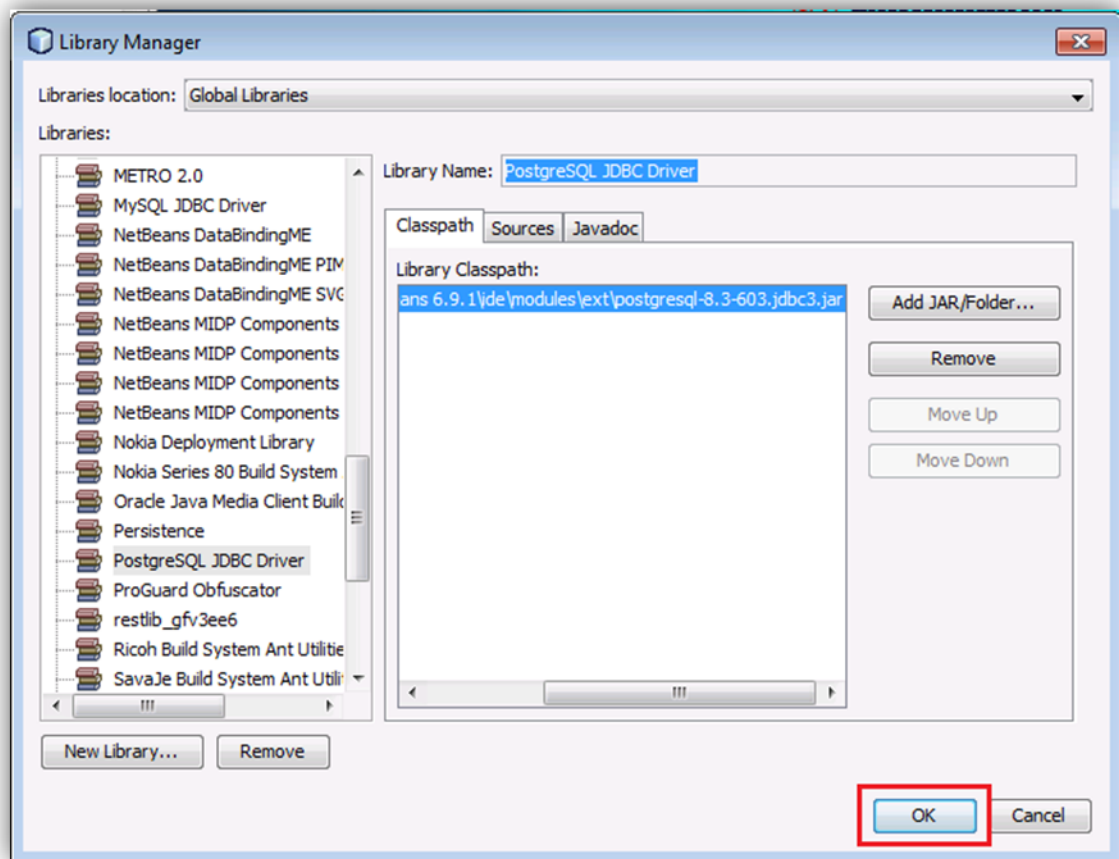


Ilustración 39: Driver PostgreSQL agregado a la librería.

Agregar a un Proyecto un Conector a una Base de Datos

El procedimiento para agregarle a un proyecto un conector a una base de datos, en este caso PostgreSQL, es el siguiente:

- a) Se expande el nodo *Libraries* (bibliotecas) del proyecto al que se le va a agregar el conector para ver las bibliotecas que tiene agregadas, Ilustración 42.

- b) Con clic derecho sobre el nodo *Libraries* del proyecto y se selecciona la opción *Add Library* del menú emergente, Ilustración 43.
- c) Aparece un cuadro de diálogo para seleccionar la biblioteca a agregar, en este caso el conector a postgresSQL, Ilustración 44. Seleccionar y presionar el botón *Add Library*.
- d) El cuadro de diálogo desaparece y se observa que el conector se ha agregado al nodo *Libraries* en el árbol del proyecto, Ilustración 45.

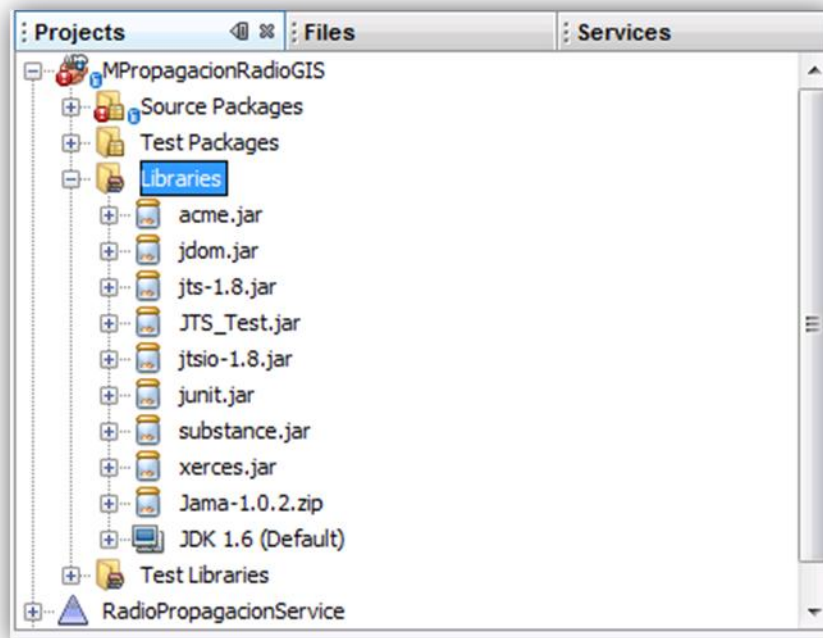


Ilustración 40: Nodo “Library” adjunto a un proyecto en Netbeans

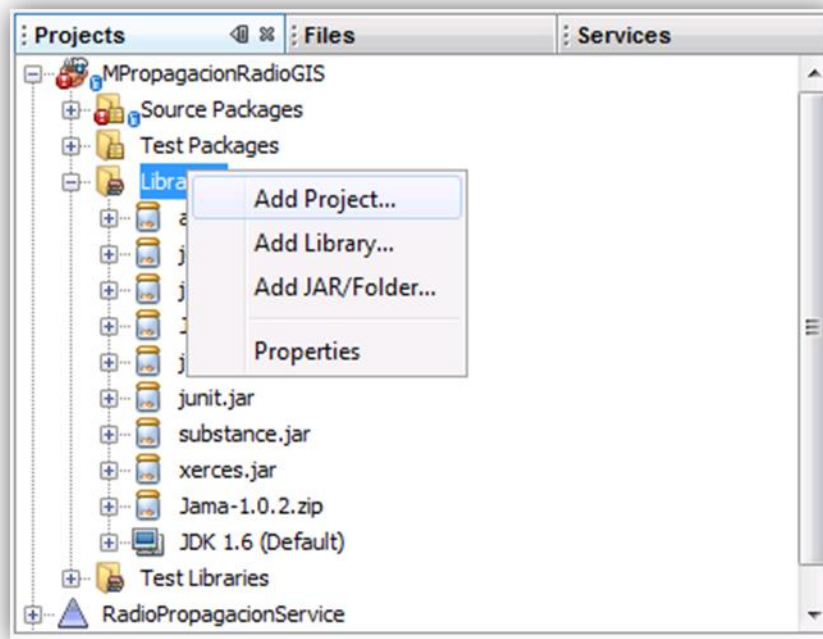


Ilustración 41: Añadir “Library” al nodo

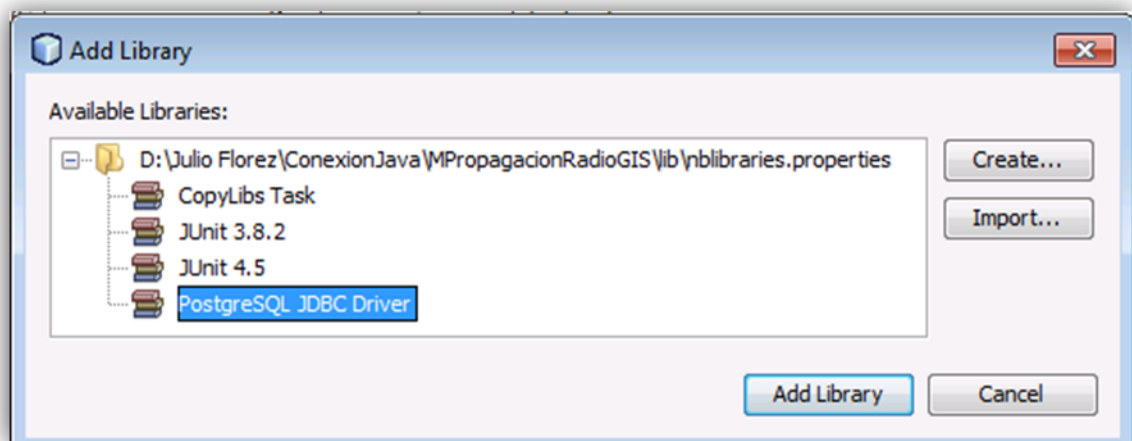


Ilustración 42: Cuadro de dialogo para añadir Librerías

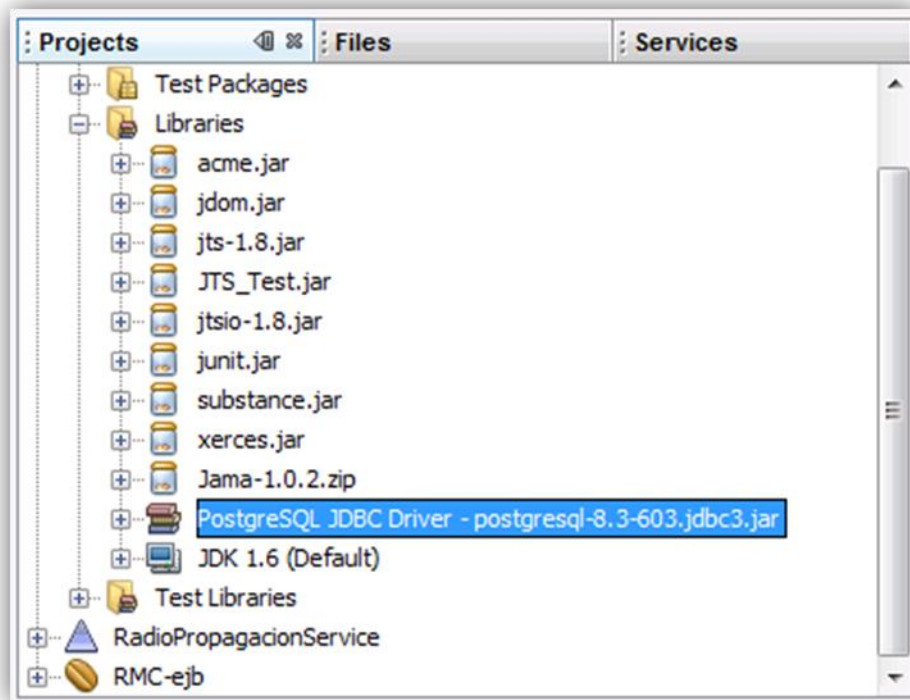


Ilustración 43: Conector PostgreSQL agregado al nodo de Librerías

CONEXIÓN DE NETBEANS A UNA BASE DE DATOS

Para conectar a una aplicación a una base de datos, se requiere instalar en NetBeans el conector a la base de datos, y establecer la conexión entre NetBeans y la base de datos.

Instalación en Netbeans del Conector a la Base de Datos

El procedimiento para instalar en NetBeans el conector a la base de datos, en este caso PostgreSQL, es el siguiente:

- a) En la ventana *Services* expanda los nodos *Databases* y *Drivers* para ver los conectores disponibles y las conexiones a las bases de datos, Ilustración 46.

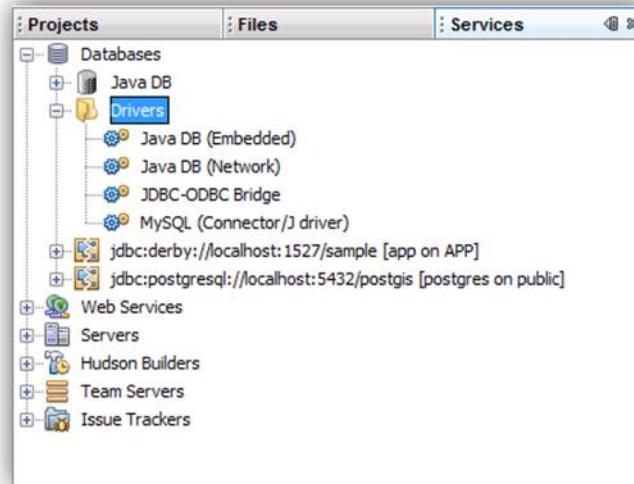


Ilustración 44: Ventana de servicios de Netbeans.

- b) Para agregar el conector de postgresQL, hacer clic derecho en el nodo *Drivers* y seleccionar la opción *New Driver* del menú emergente, Ilustración 47.

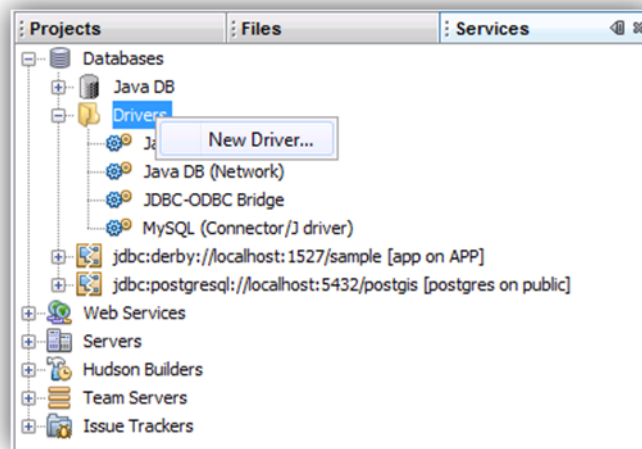


Ilustración 45: Añadir “nuevo driver”

- c) Presionar el botón *Add* en el cuadro de diálogo para agregar un conector, Ilustración 48.

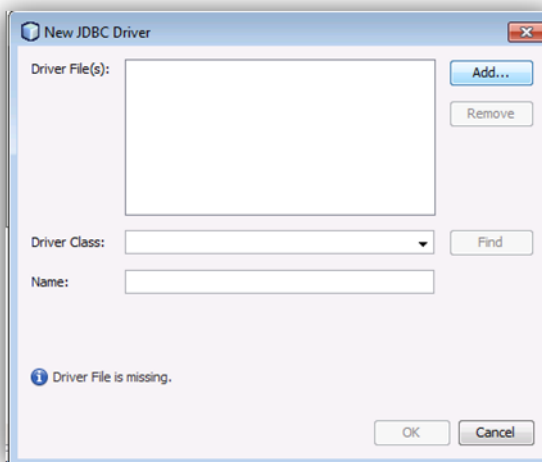


Ilustración 46: Cuadro de dialogo “new JDBC driver”

- d) En el cuadro de diálogo para seleccionar el conector, Ilustración 49, navegue hasta la ubicación del conector, selecciónelo y presione el botón *Abrir*.

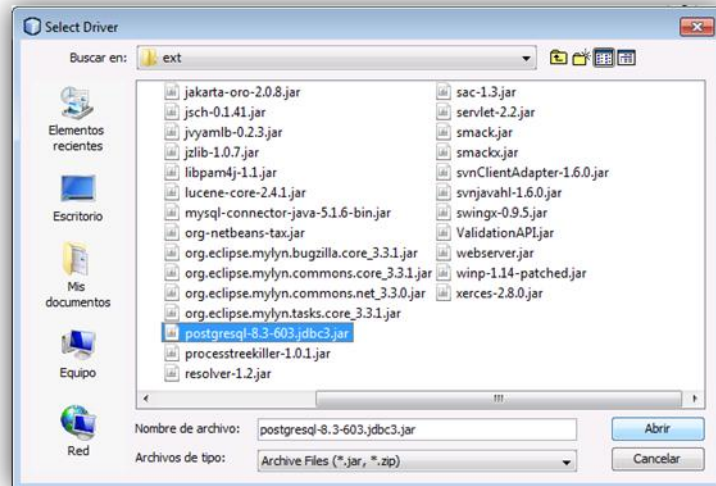


Ilustración 47: Selección driver desde explorador

- e) En el cuadro de diálogo para agregar el conector aparece la información del conector seleccionado, Ilustración 50. Para confirmar presionar el botón **OK**.
- f) Un nuevo nodo para el conector a PostgreSQL, aparece en la ventana *Services*, Ilustración 51.

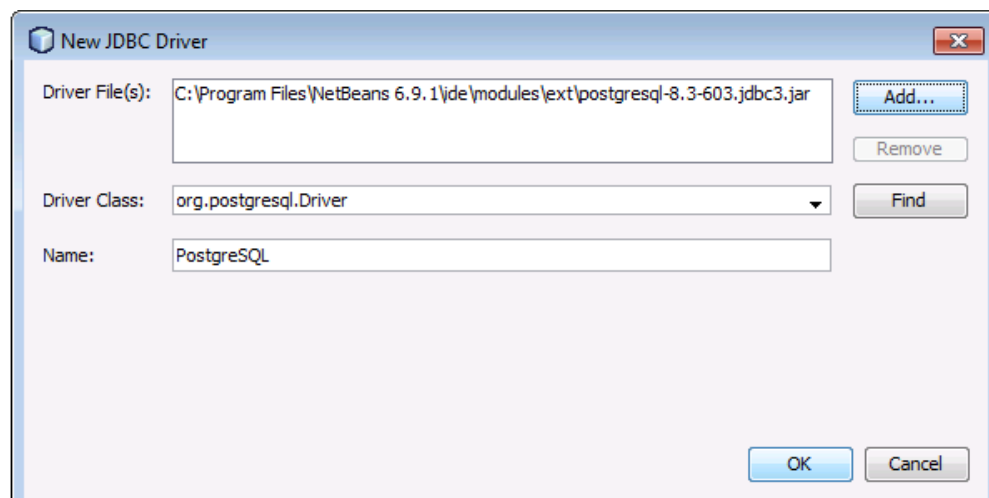


Ilustración 48: Cuadro de diálogo con conector agregado

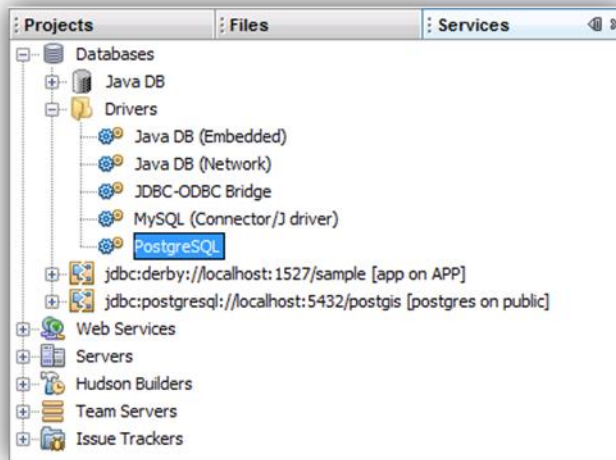


Ilustración 49: Nuevo conector añadido en Services de Netbeans

Conexión de NetBeans a la Base de Datos

El procedimiento para conectar a NetBeans a la base de datos es el siguiente:

- a) Hacer clic con el botón derecho sobre el nodo del conector a PostgreSQL, Ilustración 52.

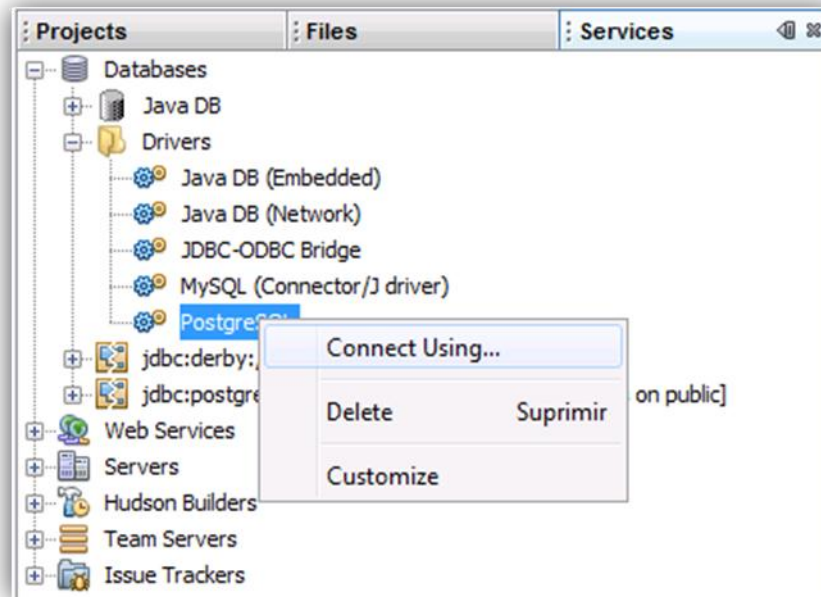


Ilustración 50: Menú emergente para conexión a PostgreSQL.

- b) Seleccionar la opción *Connect Using*, del menú emergente. Aparece un cuadro de diálogo para establecer una conexión nueva. En la Ilustración 53 se muestra la manera de establecer la URL de la base de datos, *Database URL*., en el formato:

`jdbc:postgresql://servidor.puerto/baseDatos`

Donde *servidor* es la dirección IP (o nombre de dominio del servidor), en caso que el servidor esté en la misma computadora que NetBeans utiliza el nombre:

localhost; *puerto* es el puerto empleado por el servidor. Si el servidor utiliza el puerto predefinido, se puede omitir; *baseDatos* es la base de datos a la que se desea conectar. Establezca el nombre del usuario, *User Name*., y contraseña, *Password*., para acceder a la base de datos y presione el botón *OK*. Para nuestro propósito, accederemos al servidor de RadioGIS:

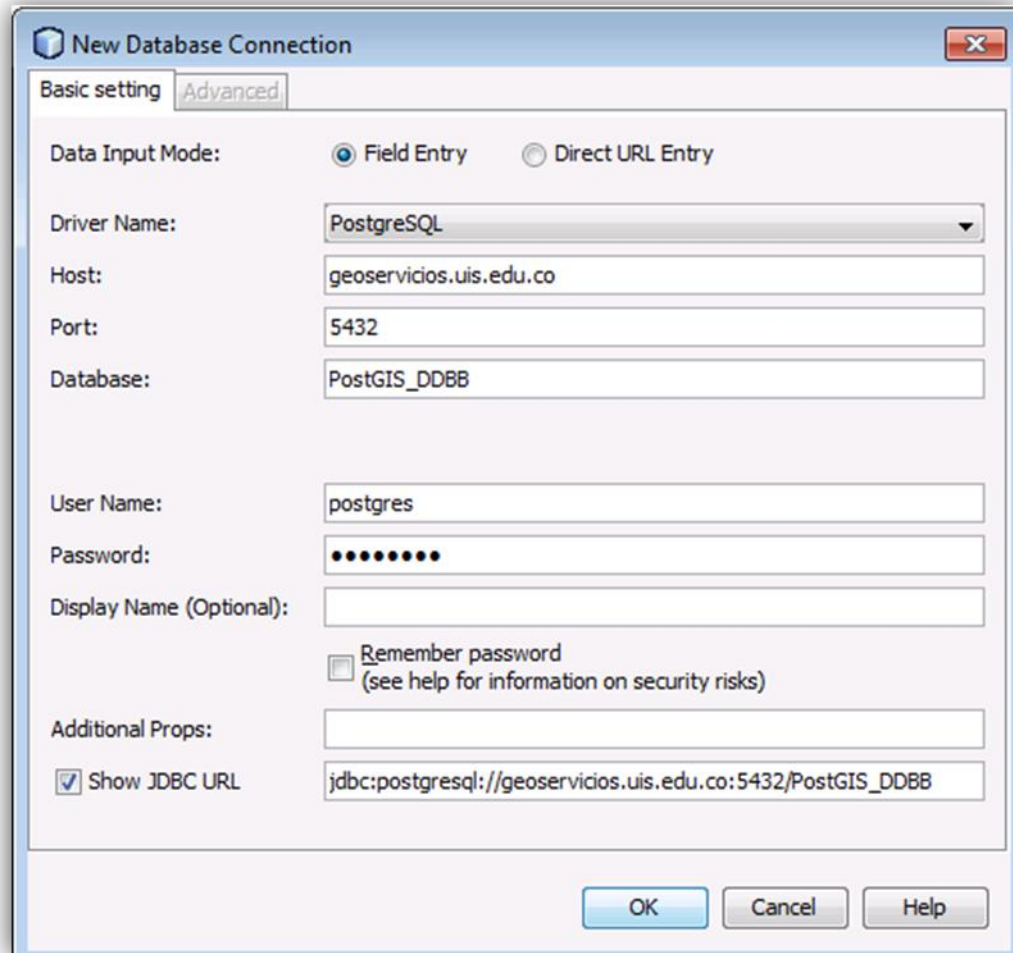


Ilustración 51: Interfaz de acceso a base de datos en Netbeans

- c) Aparece el recuadro de la Ilustración 54, confirmando que se estableció la conexión. Confirme, presionando el botón OK.
- d) En la ventana *Services*, aparecerá un nuevo nodo con la conexión a la base de datos, Ilustración 55.

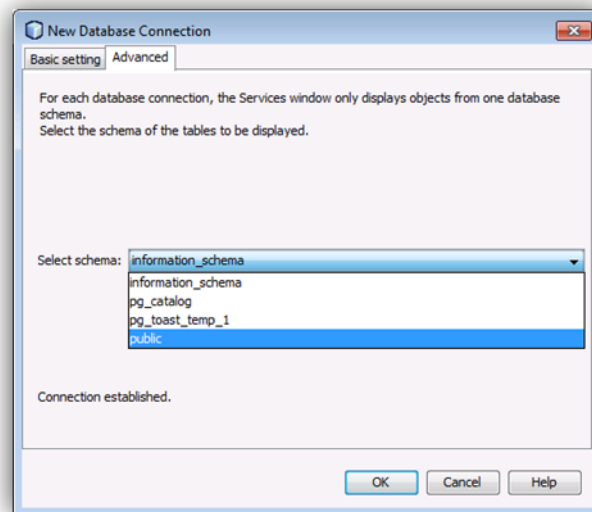


Ilustración 52: Conexión a base de datos establecida desde Netbeans.

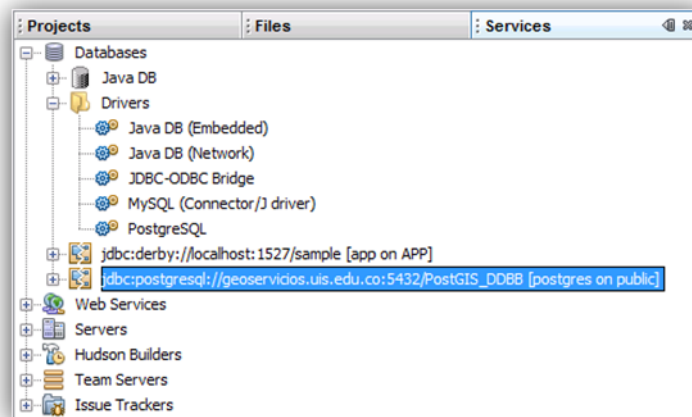


Ilustración 53: Nodo de conexión en Services para acceder a la Base de Datos.

ACCESO A LA BASE DE DATOS DESDE NETBEANS

NetBeans nos permite realizar operaciones sobre la base de datos como crear y borrar tablas, agregar y eliminar columnas, agregar, modificar y eliminar renglones, realizar consultas, etc. Para hacer estas operaciones expandir el nodo

con la conexión a la base de datos para que aparezcan nodos con las tablas, vistas y procedimientos, Ilustración 56.

Si expandimos el nodo *Tables*, veremos un nodo por cada una de las tablas en la base de datos. Si expandimos un nodo de una tabla, aparecerán las columnas de esa tabla, Ilustración 57.

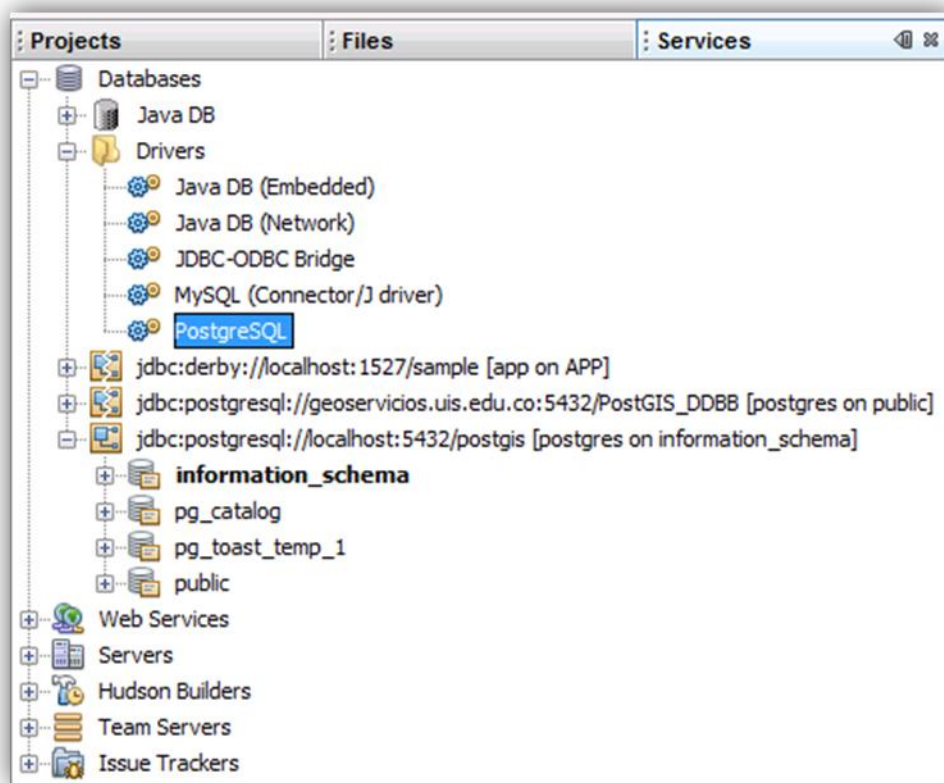


Ilustración 54: Vista de expansión de la conexión.

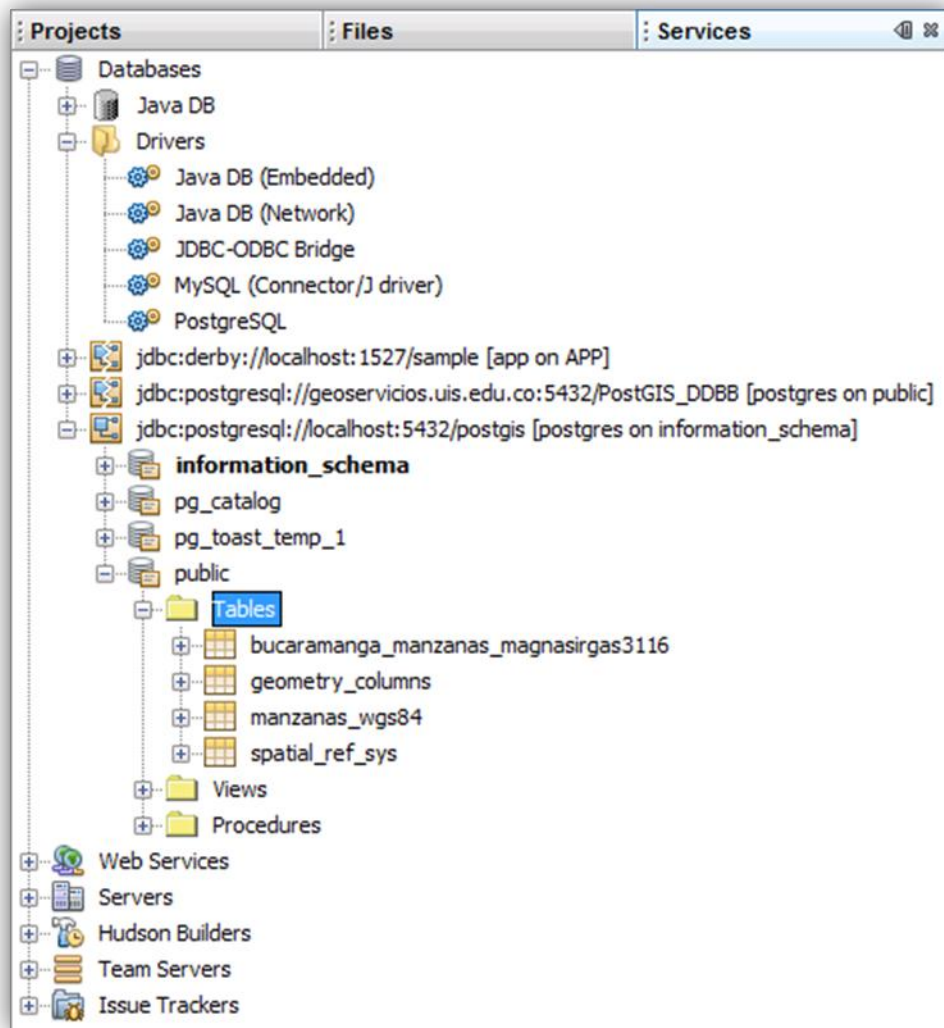


Ilustración 55: Expansión del nodo *tables*

ANEXO 7:

Código en Java para la conexión EJB de la Query para la extracción de la ROI hacia el algoritmo RMC

En este anexo se pretende dar una explicación de la ejecución de este módulo para lograr la extracción de las geometrías de interés involucradas dentro de la ROI:

***Ubicación dentro de los paquetes del proyecto:*

```
package edu.uis.radiogis.modelos.herramientas;
```

***Librerías importadas necesarias:*

```
import java.sql.Connection;
import java.sql.ResultSet;
import java.sql.Statement;
import com.vividsolutions.jts.geom.Coordinate;
import com.vividsolutions.jts.geom.GeometryFactory;
import com.vividsolutions.jts.geom.Polygon;
import com.vividsolutions.jts.geom.PrecisionModel;
import com.vividsolutions.jts.io.ParseException;
import com.vividsolutions.jts.io.WKTReader;
import java.sql.DriverManager;
import java.sql.PreparedStatement;
import java.sql.SQLException;
import java.util.ArrayList;
import java.util.List;
import org.postgresql.core.Query;
import org.postgis.*;
```

```
/**
 * Esta clase permite realizar consultas geoespaciales
 estándar sobre una base de datos PostGIS
 * @author pattler
 * @Co-Autores: Néstor Pico, Julio Flórez
 * @version 1.0
 */
**Creación de la clase publica ConsultaGeoespacial:
public class ConsultasGeoespaciales {

    private String nombreDB;
    private String user;
    private String password;
    private int puertoBD;
    private Connection conexion;
    private ResultSet resultado;
    private String URLServer;

    **Definición de atributos para la clase:
    public ConsultasGeoespaciales(String URLServer,
String nombreDB, String user,
        String password, int puertoBD)
    {
        this.nombreDB = nombreDB;
        this.user = user;
        this.password = password;
        this.URLServer = URLServer;
        this.puertoBD = puertoBD;
    }
}
```

```

/**
 * @param nombreTabla: Nombre de la tabla a
consultar que contiene las geometrías
 * @param nommbreColumnaEspacial: Columna tipo
geometry, comunmente llamada "the_geom"
 * @param punto1: Point1(float_x long,float_y lat)
del vértice superior izquierdo de la ROI
 * @param punto2: Point2(float_x long,float_y lat)
del vértice inferior derecho de la ROI
 * @param SRID: Corresponde al identificador geo-
espacial que referencia un mapa
 *          SRID_entrada: 4326 (WGS84)
 *          SRID_salida: 3116 (Magna
Sirgas/Bogotá zone)
 */

```

***Generación de la lista de Polígonos consultados en la DDBB:*

```

public List<Polygon> getEdificiosFromROI(String
nombreTabla, String nommbreColumnaEspacial,
Coordinate punto1, Coordinate punto2, int
SRID_entrada, int SRID_salida) {
    List<Polygon> listaEdificios = new
ArrayList<Polygon>();

    try {
        Class.forName("org.postgresql.Driver");

```

```

        conexion =
DriverManager.getConnection("jdbc:postgresql://" +
this.URLServer + ":" + this.puertoBD + "/" +
this.nombreDB, this.user, this.password);
        ((org.postgresql.PGConnection)
conexion).addDataType("geometry",
Class.forName("org.postgis.PGgeometry"));
        ((org.postgresql.PGConnection)
conexion).addDataType("box3d",
Class.forName("org.postgis.PGbox3d"));

**Diseño de la QUERY SQL para la extracción de
geometrías involucradas en la ROI:
        String SQL = "SELECT St_AsText("
+nombreColumnaEspacial+ ") AS geometria FROM "
+nombreTabla+
                " WHERE "
+nombreColumnaEspacial+
                " &&
ST_Transform(ST_SetSRID(ST_MakeBox2D(ST_Point("+punto1.x
+", "+punto1.y+"), ST_Point("+punto2.x+", "+punto2.y+")), "+
SRID_entrada+"), "+SRID_salida+");
        Statement stm = conexion.createStatement();
        resultado = stm.executeQuery(SQL);

**Conversión de geometrías consultadas a formato WKT
para compatibilidad con el algoritmo RMC:

        while (resultado.next()) {

```

```
        String geometryAsText =
resultado.getString("geometria");
        try {
            Polygon poligono = (Polygon) new
WKTReader(
                new GeometryFactory(new
PrecisionModel(1000000))).read(geometryAsText);
            listaEdificios.add(poligono);
        } catch (ParseException error) {
            System.out.println(error);
        }
    }
    resultado.close();
    conexion.close();
    return listaEdificios;
} catch (SQLException ex) {
    System.out.println(ex);
    ex.printStackTrace();
    return null;
} catch (ClassNotFoundException ex2) {
    System.out.println(ex2);
    return null;
}
}
}
```