

## **Sistemas de Referencias para Aplicaciones SIG's**

Lliteras Alejandra Beatriz , Gordillo Silvia.  
L.I.F.I.A., Facultad de Informática  
Universidad Nacional de La Plata.  
e-mail: [lliteras, gordillo]@sol.info.unlp.edu.ar  
50 y 115 – 1er. Piso  
(CC 11 (CP B1900BAW) ) La Plata, Buenos Aires, Argentina  
TE / Fax: (++54) 0221-4228252

### **Abstract**

En este paper presentamos una arquitectura Orientada a Objetos para sistemas de referencias en el marco del diseño de aplicaciones geográficas.

Un sistema de referencia, genera un marco espacial para una entidad geográfica, brindando la información y el comportamiento necesario para manipular los diferentes sistemas de coordenadas y unidades involucradas.

El sistema de referencias ha sido descompuesto en componentes, mediante las cuales, se logra no solo desacoplar comportamiento sino que además permiten la configuración del mismo de acuerdo a los requerimientos de la aplicación.

La intención de este trabajo es proveer los mecanismos necesarios para definir distintos sistemas de referencia, asociados a los objetos de la aplicación , así como los métodos de conversión necesarios para poder operar entre ellos, ya que actualmente existen diversos sistemas de referencias en uso, en forma transparente y extensible.

**Palabras Claves:** SIG, Posicionamiento Geográfico, Sistemas de Referencias, Modelo orientado a Objetos

## 1. Introducción.

Los objetos geográficos se caracterizan por poseer una posición, la cual es representada mediante un conjunto de valores numéricos, llamados coordenadas, que deben ser interpretados en un contexto geográfico, provisto por el sistema de referencias y que está fuertemente relacionado con la figura de la Tierra, los sistemas de coordenadas y los datums.

Debido a que la figura de la Tierra es sumamente irregular, se la aproxima a través de una superficie equipotencial, que coincide con la superficie media de los océanos y se prolonga por debajo de los continentes, denominada Geoide. Debido a la dificultad existente de esta aproximación para realizar cálculos, existen modelos de elipsoides matemáticamente más sencillos, para aproximar a la superficie terrestre [Voser 98]

En el pasado, la virtual imposibilidad de lograr esta aproximación sobre toda la Tierra dio lugar a la definición de elipsoides locales que aproximaban muy bien en determinadas regiones y muy mal en otras. A partir de los trabajos realizados utilizando satélites artificiales, fue posible establecer coordenadas verdaderamente homogéneas sobre toda la superficie de la Tierra y ajustar a ellas elipsoides globales. El tamaño de un elipsoide se define por la dimensión del semieje mayor, y la forma, dada por el achatamiento [Perdomo et al. 94].

Los sistemas de coordenadas construyen un marco lógico y matemático para describir la posición de un dato geoespacial [Voser 98].

Ya que es función de los SIG's (Sistemas de Información Geográfica) recolectar información, debemos tener en cuenta, que ésta cubre diferentes temas, se almacena de diferentes maneras y es capturada bajo diferentes métodos; cuando se trabaja en un proyecto, aún cuando este abarca un único tema, general y desafortunadamente, la información no se encuentra representada en el mismo sistema de coordenadas. Esto ocurre por diversas razones, como por ejemplo:

- Utilización de diferentes métodos para la captura de los datos
- Diferentes requerimientos de la información

La utilización y manejo de diversos sistemas de coordenadas, son necesarias, entre otras cosas, por:

- La integración de los datos espaciales, dado que son capturados con diferentes métodos
- El análisis de diversas bases de datos, las cuales pueden poseer información no homogénea en este aspecto
- La exportación de los datos, permitiendo la personalización de la información en esta etapa

Dependiendo del sistema de coordenadas que se utilice, será la manera en la que se haga referencia a las coordenadas. Por ejemplo cuando se trabaja en un sistema de coordenadas geodésico, las coordenadas serán interpretadas como latitud, longitud y altura, en cambio cuando se trabaja en uno geográfico, como  $x$ ,  $y$ ,  $z$ .

Un Datum define el tamaño y la figura de la Tierra, basándose en lo explicado anteriormente, y el origen y orientación del sistema de coordenadas [Dana 95].

De la misma manera que existen elipsoides globales, para representar a la Tierra, existen Datums preestablecidos para poder trabajar con ellos.

En este trabajo se define una arquitectura basada en el modelo orientado a objetos, que además de contemplar los conceptos previamente descritos, permite la interoperabilidad entre los

datos de una aplicación (también llamadas entidades geográficas), de modo que la diferencia de representación geográfica, no sea obstáculo al momento de operar entre ellas. Se da además una justificación de la necesidad de contemplar determinados aspectos geográficos.

En la sección 2 se da una breve introducción al modelo de objetos utilizado para definir la arquitectura, en la sección 3 se define el modelo orientado a objetos para el sistema de referencias, en la sección 4 se explica mediante un ejemplo el mecanismo de conversión utilizado para llevar a cabo las operaciones y finalmente en la sección 5 se citan conclusiones acerca del trabajo trabajos futuros

## 2. Desarrollo del modelo

En el modelo propuesto en [Gordillo et al. 99], se diferencian dos niveles de modelización para las aplicaciones SIG, el conceptual y el geográfico. En el modelo conceptual, se representan los datos conceptuales, describiendo entidades en términos de atributos descriptivos. Por ejemplo cuando se modela un país, los atributos típicos, son su *nombre*, el *tipo de gobierno* y de *religión* que posee, así como también el *idioma* que predomina. En cambio en el modelo geográfico, se contemplan las características geográficas de la entidad, en el ejemplo de la ciudad, podría ser su *ubicación geográfica*.

Las características geográficas son agregadas a las entidades conceptuales, mediante el concepto del patrón de diseño Decorator [Gamma et al. 95].

La figura 1 muestra un decorador aplicado a una clase conceptual.

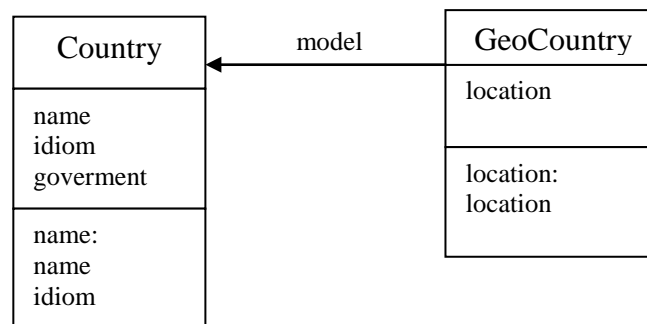


Figura 1: El decorador GeoCountry, decora a la clase conceptual Country

Un decorador (en este ejemplo GeoCountry), además de los atributos propios, posee una relación de conocimiento de la entidad conceptual a la cual decora, de este modo se logra la interacción entre los dos modelos, el conceptual y el geográfico.

Una entidad geográfica, llamémosla **GeoObject**, conoce su ubicación (**Location**). La **Location** contempla la geometría de la entidad (**Topology**), es decir, aspectos relacionados con su topología en términos de puntos, líneas o polígonos, incluyendo la relación entre ellos. Una **Location**, tiene asociado además, un sistema de referencias (**ReferenceSystem**).

La figura 2 muestra las relaciones entre los objetos conceptuales, geográficos y la location.

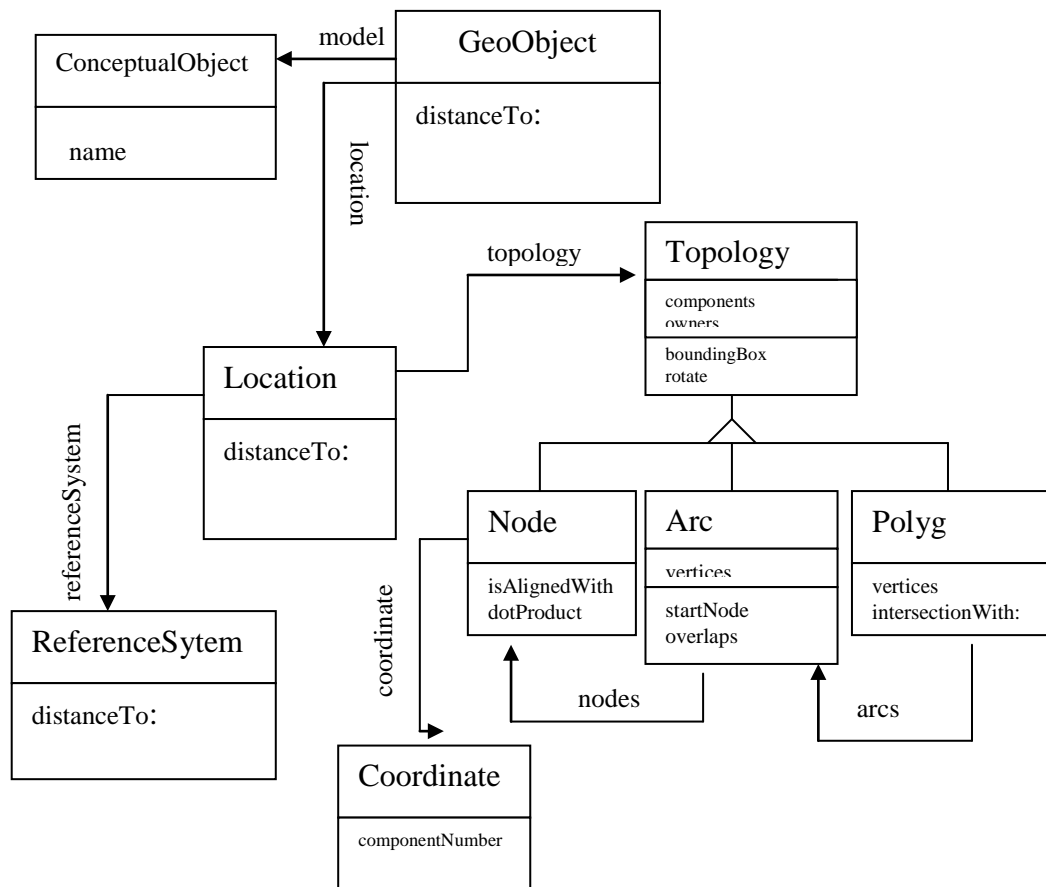


Figura 2: Relación entre el objeto conceptual (ConceptualObject), el geográfico (GeoObject) y la Location

De este modo la topología de una entidad geográfica estará representada por un objeto de la clase **Node** si se trata de un punto, por un objeto de la clase **Arc** si es una línea o por uno de la clase **Polyg** caso contrario. Los valores numéricos de la posición están contenidos en los objetos de la clase **Coordinate**.

En todos los casos un objeto de la clase **Location** conoce la topología y además el sistema de referencia usado para ubicar el objeto.

### 3. Modelización del Sistema de referencias

En el momento de modelar el sistema de referencias, se deben tener en cuenta todos los elementos que lo definen, esto es: el **Datum** y los sistemas de coordenadas mencionados en la introducción, un primer modelo, podría ser el que la figura 3 muestra.

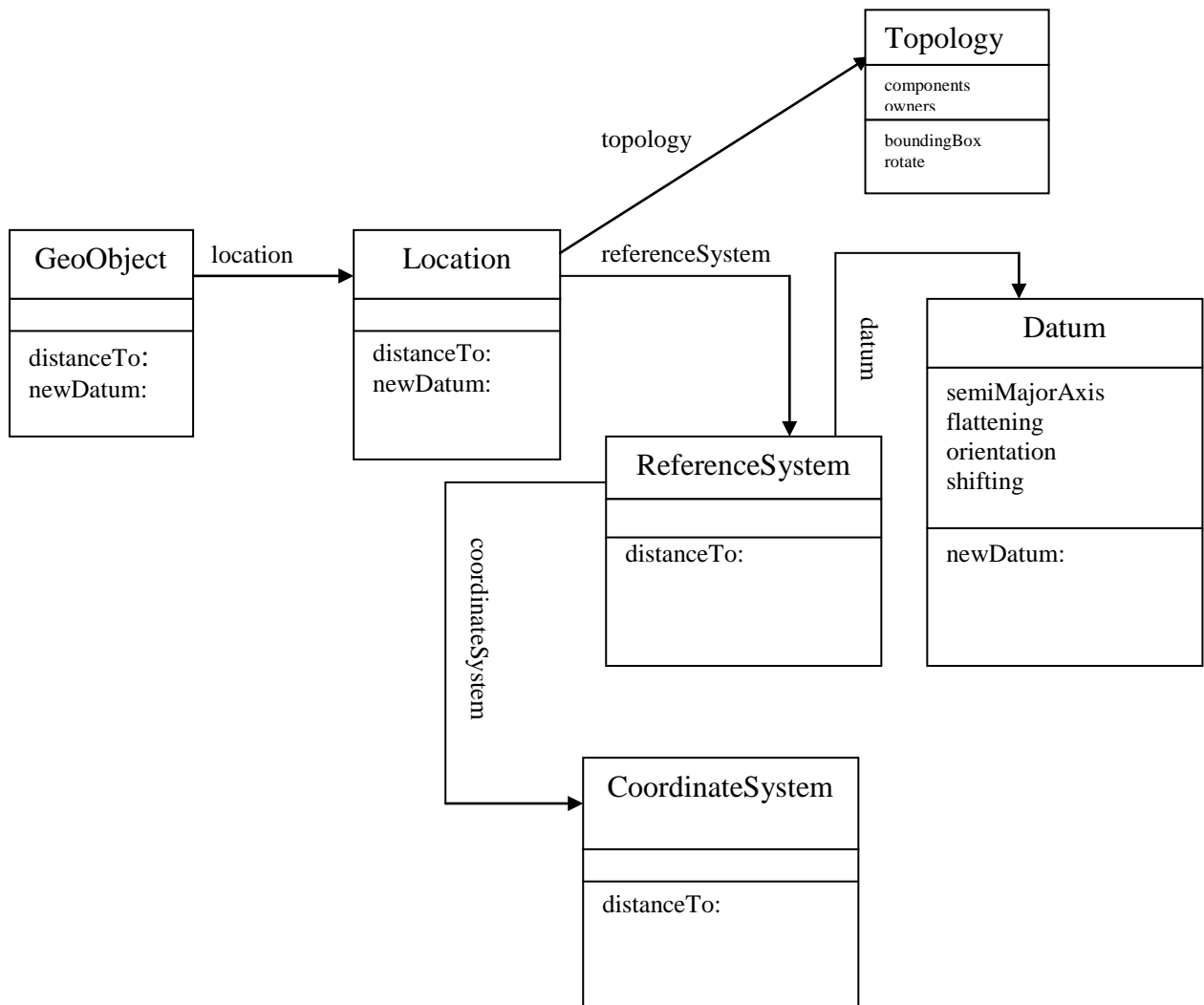


Figura 3: Las clases Datum y Coordinate System contempladas en el modelo

Mediante los atributos *semiMajorAxis* y *flattening* de la clase **Datum**, es posible ahora configurar las dimensiones del elipsoide que mapea a la Tierra, mediante los atributos *orientation* y *shifting* se puede orientar y desplazar el origen de los sistemas de coordenadas, proveyendo de este modo flexibilidad al modelo.

La clase **CoordinateSystem** constituye el marco lógico y matemático para las coordenadas brindándole una unidad y permitiendo realizar cálculos entre objetos geográficos, como por ejemplo de distancia.

En el marco de aplicaciones SIG, existen dos clases de operaciones que la clase **Coordinate System**, debe contemplar:

- El cambio de sistema de coordenadas: La posibilidad de cambiar el sistema de coordenadas dentro de un SIG, es necesaria para lograr interoperabilidad entre datos de aplicaciones, debido a las diferencias que puede haber en los métodos de toma de datos que pueden determinar diferentes sistemas de referencias.

- Cálculos matemáticos en diferentes sistemas de coordenadas: Los cálculos matemáticos como, la determinación de distancias, áreas y ángulos entre otras, dependen de las propiedades del sistema de coordenadas

Con el modelo anteriormente propuesto, estas operaciones no son posibles entre objetos geográficos con diferentes sistemas de coordenadas, dado que no se permite el cambio de sistemas de coordenadas ni se proveen los mecanismos necesarios de conversión.

Para contemplar estas operaciones, y usando las características de la orientación a objetos, se realiza una subclasificación de los sistemas de coordenadas, de este modo, cada sistema de coordenadas concreto, posee su propia matemática, pudiendo de este modo implementar los dos tipos de operaciones mencionados.

La figura 4 muestra el modelo que permite definir estas características.

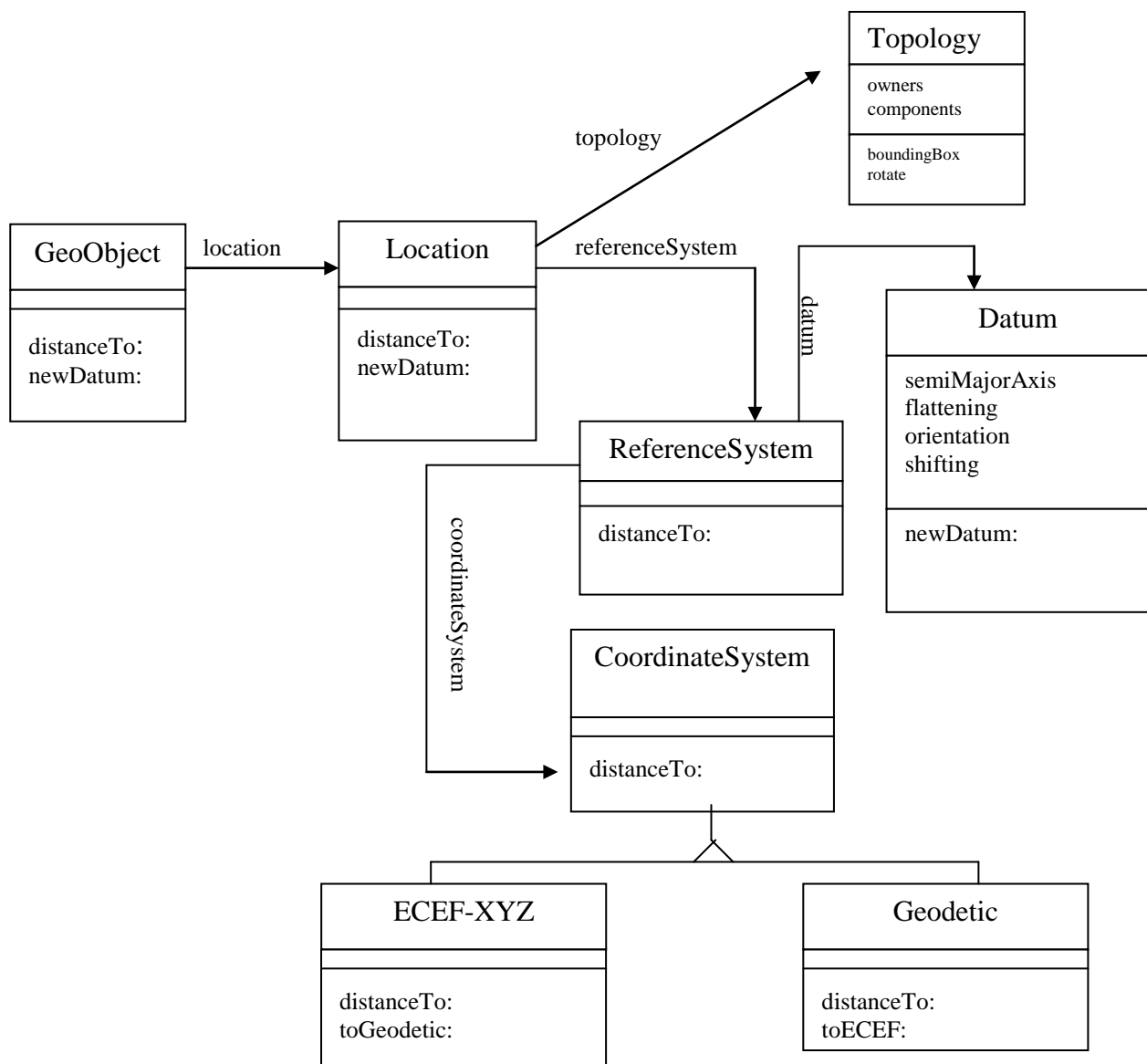


Figura 4: Subclasificación de la clase CoordinateSystem

Con esta arquitectura y gracias a las características de la orientación a objetos, por ejemplo, el cálculo de distancia entre dos objetos geográficos, expresados en diferentes sistemas de coordenadas, es posible. Además las dos clases de operaciones mencionadas anteriormente para sistemas de coordenadas, pueden ser llevadas a cabo. De este modo, cuando el cálculo de distancia entre dos objetos geográficos cuyas coordenadas están expresadas en diferentes sistemas de coordenadas, quiere llevarse a cabo, una instancia de la clase **ReferenceSystem** será la encargada de indicarle a una instancia de la clase **CoordinateSystem** que se debe realizar una conversión de coordenadas de modo que ambas instancias de **GeoObjects** estén representadas geográficamente de la misma manera. Una vez compatibilizados los objetos geográficos, la instancia de la clase **Coordinate System**, procederá al calculo de distancia.

#### 4. Modo de Operación

Con la Arquitectura Orientada a Objetos diseñada, se pueden realizar operaciones de transformación entre sistemas de referencias y operaciones donde uno o mas objetos geográficos estén involucrados, tales como el cálculo de distancia, el ángulo que se forma entre tres locations y determinaciones tal como si mas de dos locations están alineadas.

Para operar con objetos geográficos es necesario, en primer lugar y debido a la posibilidad de que los mismos se encuentren referenciados geográficamente de diferentes maneras, interpretar las posiciones de los objetos geográficos en un mismo sistemas de referencias, dado que de otra manera los cálculos a realizar carecerían de sentido.

La figura 5 muestra un diagrama donde las clases del modelo han sido instanciadas

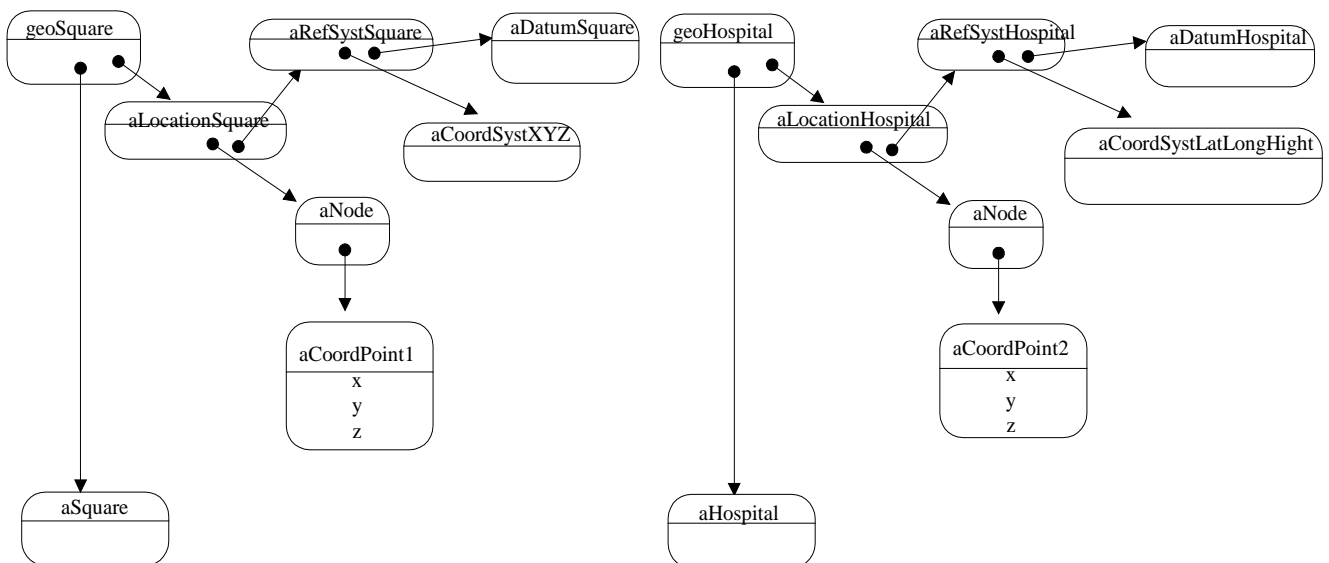


Figura 5. Diagrama de objetos. Relaciones entre las instancias

En una operación de distancia, por ejemplo entre una plaza y un hospital, donde dos objetos geográficos se encuentran involucrados (geoSquare y geoHospital), se deben llevar ambos objetos a un sistema de referencia en común. Para ello una vez determinado el sistema de referencia sobre el cual trabajar, se procede a la transformación de la posición de la entidades geográficas, realizándose para esto dos pasos. Por un lado se transforma en relación al **Datum** y al **Sistema de Coordenadas** a una base. El **Sistema de Coordenadas** base que se utiliza es el XYZ; el **Datum** base posee la

propiedad que tanto en los desplazamientos como en las rotaciones posee cero como valor. Existen fórmulas preestablecidas para convertir de un datum cualquiera al base, y gracias a estas fórmulas las conversiones arrojan resultados correctos. La figura 6 muestra este primer paso.

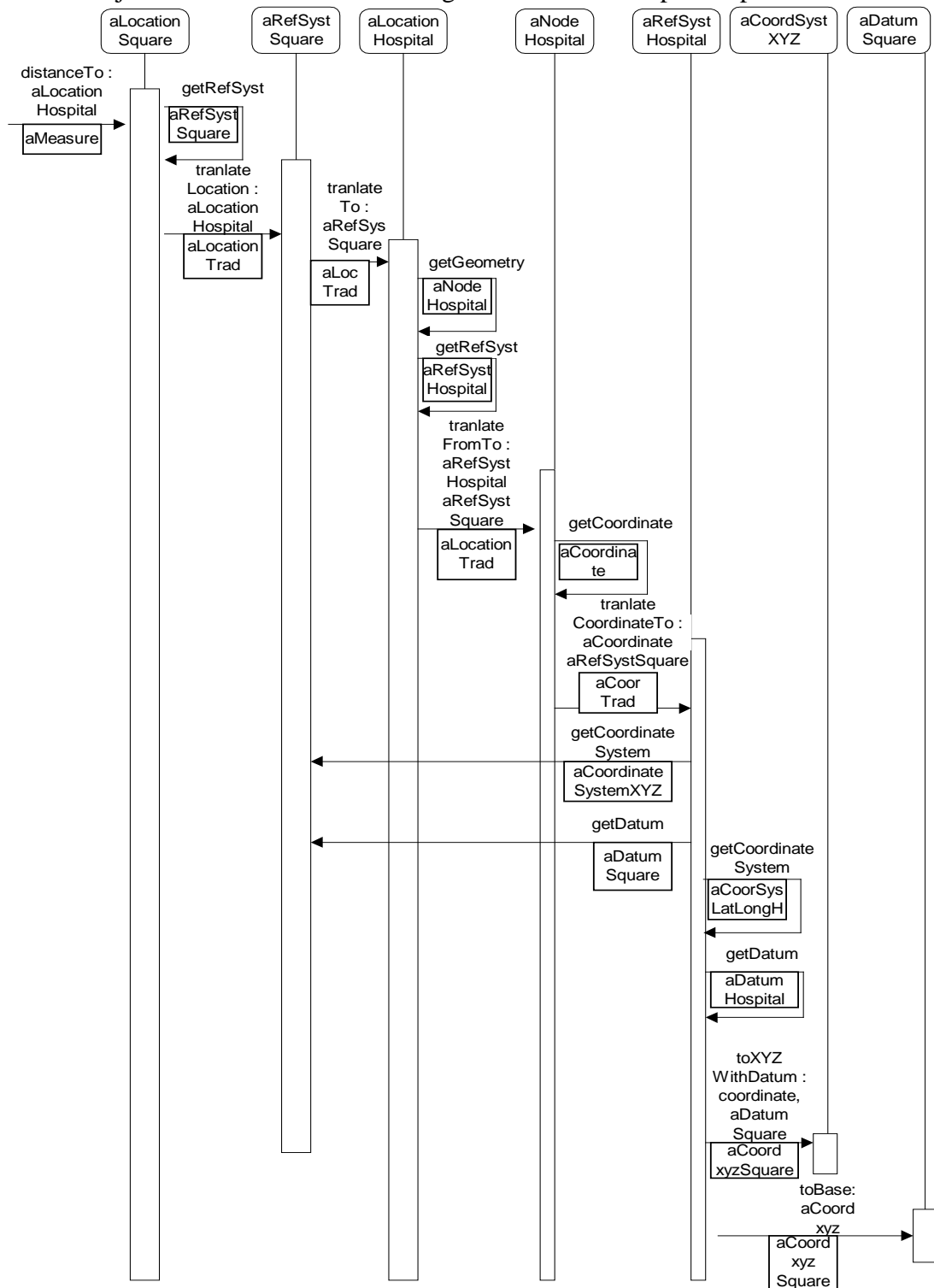


Figura 6. Diagrama de interacción, asumiendo que el sistema de referencias en común es el del objeto geoSquare



El segundo paso, consiste en llevar las coordenadas del sistema base al requerido, es decir al sistema de referencia de destino. La figura 7 muestra la secuencia de mensajes necesarios para llevar a cabo este paso.

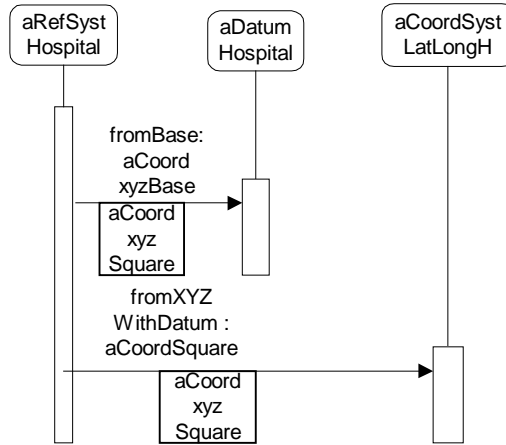


Figura 7. Conversión desde coordenadas base a coordenadas de destino

Luego de haber realizado estas últimas conversiones, el objeto geográfico en cuestión queda expresado en el sistema de referencias de destino.

Una vez realizados los dos pasos mencionados anteriormente, se solicita a la instancia del sistema de referencias que efectúe el cálculo de distancia, el cual depende del sistema de coordenadas que posea instanciado en ese momento.

La Figura 8 muestra el diagrama de interacción correspondiente a la solicitud de cálculo de distancia

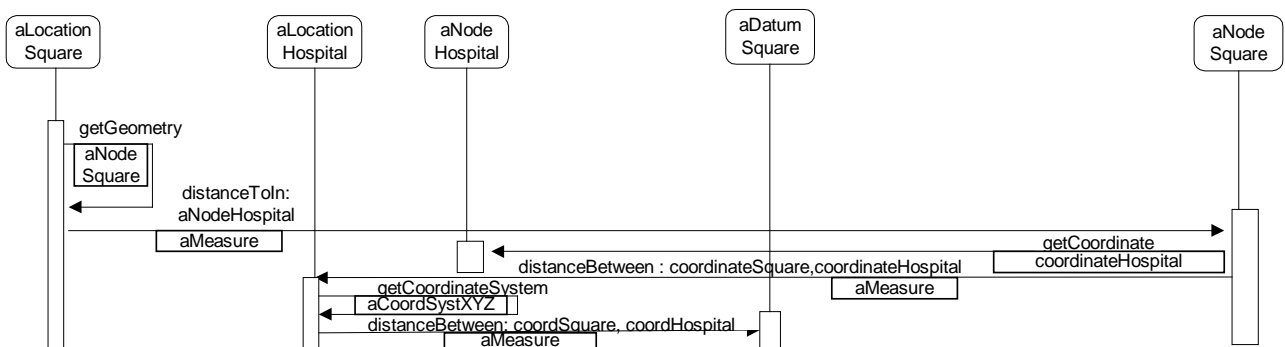


Figura 8. Cálculo de distancia entre dos Location expresadas en el mismo Sistema de Referencias.

## 5. Conclusiones y trabajo futuro

Con este modelo Orientado a Objetos, se pueden contemplar los requerimientos mencionados en la introducción, es decir, se puede configurar la representación de la Tierra,

logrando de este modo independencia del modelo con respecto al área geográfica de trabajo, con mayor precisión, se puede elegir el **Datum** que mejor se adecue al área geográfica de trabajo; se puede además decidir en base a los requerimientos del trabajo, el **Sistema de Coordenadas** concreto a utilizar, sin que ello indique la imposibilidad de cambio posterior y pudiendo operar entre objetos geográficos con diferentes sistemas de coordenadas de la misma manera en la que se opera cuando éstos son iguales. De este modo, dos objetos geográficos interpretados en sistemas de referencias diferentes, pueden operar de manera precisa y consistente.

Este modelo, soporta entonces, el procesamiento de información, independientemente de su representación geográfica, aspecto que, en las aplicaciones SIG's es crítico.

Se han implementado hasta el momento el sistema geodésico, (latitud, longitud y altura) y el cartesiano (coordenadas x, y en el plano), actualmente, se está encarando la implementación de sistemas de referencias en tres dimensiones de manera de poder manipular este tipo de objetos.

## Referencias

- [Dana 95] Geodetic Datum Overview. Peter H. Dana, Department of Geography, University of Texas at Austin, 1995 en <http://www.utexas.edu/depts/grg/gcraft/notes/datum>
- [Gamma et. al 95] Design Patterns. Elements of reusable Object Oriented Software. Gamma, R. Helm. R. Johnson, J. Vlissides. Edit. Addison-Wesley Publishing Company. Año 1995
- [Gordillo et. al 99] Developing GIS with Objects. A Design Pattern Approach. Silvia Gordillo, Federico Balaguer, Catalina Mostaccio, Fernando Das Neves. L.I.F.I.A. Facultad de Informática. Universidad Nacional de La Plata. GeoInformática. Editorial Kluwer. Academic Publishers. Vol III. Num. 1. Páginas 7 a 32. Año 1999
- [Perdomo et al 94] R. Perdomo & D. Del Cogliano, 1994. Apuntes del curso de actualización "Del Campo al Informe Final". Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, La Plata, Octubre de 1994.
- [Voser 98] Schritte für ein automatisiertes Koordinatensystemmanagement in GIS und Kartographie. (Steps towards an automated coordinate system management within GIS and Cartography, in German) Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, Reihe I, Heft No. 118, S. 111-125. Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main (1998)