EL MODELO GEODÉSICO TRIDIMENSIONAL Y LOS SISTEMAS DE GESTIÓN MUNICIPAL

Luis M. LiberaL

Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil, Departamento de Ingeniería Geodésica y Agrimensura
Caracas 1041A. Distrito Capital. Caracas. Venezuela
Teléfono: 58-416-6105719. E-mail: Liberall@cantv.net

Recibido: diciembre de 2010 Recibido en forma final revisado: octubre de 2011

RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolla la teoría de los modelos geodésicos tridimensionales, su formulación matemática y la conversión entre sistemas de coordenadas como soluciones ajustadas al establecimiento de sistemas de control y desarrollo de las actividades catastrales y, en general, orientados al establecimiento de programas de gestión municipal y estatal que, por sus características naturales e importancia económica, requieren de sistemas de coordenadas rectangulares planas vinculadas con levantamientos detallados y escalas de ingeniería civil y topográficas para el correcto desarrollo de aplicaciones en sistemas de información geográfica. Específicamente, cada sistema de referencia geodésico-topográfico debe incluir una definición estructurada conforme a las directrices propuestas por la organización que le confiere el carácter oficial de valor y calidad gubernamental (Agencia Cartográfica gubernamental en cada país) y que se expresa en formato del estándar de metadatos garantizando la compatibilidad con los diversos programas y aplicaciones dentro de los sistemas de información geodésica y espaciales. Finalmente se presenta la solución del modelo de transformación bidimensional de Datum PSAD56-La Canoa a REGVEN-SIRGAS en coordenadas U.T.M., acorde con la distribución de bloques por cartas a escala 1:1.000.000 que facilita la conversión analítica de archivos digitales de poligonales y coberturas cartográficas a nivel nacional para escalas cuya exactitud requiera de coordenadas al medio metro, es decir elaborados a escalas medias y menores a 1:2.000.

Palabras clave: Sistemas de información georreferenciados para la gestión municipal, PSAD56 y REGVEN, Coordenadas geodésicas, geocéntricas y cartesianas, Catastro, Geomática.

MODELS THREE-DIMENSIONAL AND MUNICIPAL MANAGEMENT GEODESICS SYSTEMS

ABSTRACT

In the present work the theory of the Three-dimensional Geodesic Models is developed, its mathematical formulation and the conversion between Systems of Coordinates like solutions fit to the establishment of Environmental Control Systems of Regions and Cities where their natural terrain features and economic importance require an Plane Rectangular Coordinates System to link detailed surveying and Civil Engineering and Topographic scales for the correct development of applications in GIS. Specifically, each geodetic reference system, topographic and cadastral must include a structured according to the guidelines certified by the organization that confers official value and quality (Cartographics agencies) and is expressed in standard format Metadata for ensuring compatibility with the various programs and applications in information systems and space geodesy. Finally, present the solution of two-dimensional transformation model Datum from PSAD56-La Canoa to REGVEN-SIRGAS in U.T.M. for the distribution of blocks of letters 1:1.000.000 scale that makes the conversion of digital files mapping coverage with the accuracy required scales minor to 1:2.000.

Keywords: Geographic information systems, Municipal management, PSAD56 y REGVEN, Coordinates in geodesy, surveying, local, Polar and rectangular, Cadastre, Geomatics.

INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de Información para la Gestión Catastral Moderna, tienen su origen en los Sistemas de Información de Tierras, conocidos como Lands Information Systems (LIS), fundamentados en la medición, estudio y determinación de los aspectos físicos, jurídicos y económicos que conforman los bienes urbanos y rurales. Para alcanzar el éxito en la implementación de tales sistemas, se requiere de una sólida organización pública constituida por recursos humanos, materiales y financieros que garanticen la continuidad de la actividad administrativa y fiscal en el ámbito rural y urbano, considerando en detalle las necesidades presentes e inherentes al Catastro y sus interrelaciones con los servicios básicos que debe garantizar el Estado.

En general la geomática (informática aplicada a las ciencias de la tierra) define los sistemas de información del uso del suelo como sistemas de computación que permiten el manejo de la información cartográfica espacial y de las propiedades públicas y privadas, rurales y urbanas, con el objeto de ordenar, planificar y administrar el patrimonio inmobiliario de la nación, sus recursos naturales renovables y no renovables, las instalaciones militares, el control y la seguridad de sus fronteras, a diferentes escalas y combinaciones de capas digitales de información.

Una de las grandes dificultades que presentan los sistemas catastrales en fase de diseño, lo constituye el establecimiento del Sistema Local de Coordenadas Catastral (SLCC), toda vez que éste, así como la escala de elaboración del plano Catastral que se va a producir, tendrá sus precisiones y exactitudes directamente relacionadas con las diversas proyecciones en que se efectuarán sus representaciones Cartográficas. Es por ello que el establecimiento del SLCC requiere de una definición robusta y determinación geodésico-topográfica totalmente vinculada con los Sistemas Globales, Regionales y Locales de los Marcos Internacionales de Referencia Terrestres (ITRF), (Mitsakaki, 2004).

En muchos países no existe aún esa vinculación; hasta el presente, sólo se ha empleado en el mejor de los casos (grandes ciudades) sistemas catastrales definidos en dos dimensiones, vinculados con proyecciones planas como la Universal Transversal de Mercator (U.T.M.), Gauss-Krügger (como variante de la anterior) o estrictamente topográficas sobre Datums nacionales que presentan enormes dificultades en el momento de instrumentarlas en sistemas tridimensionales sobre diferentes proyecciones cartográficas, equidistantes, equivalentes o tradicionalmente conformes, presentes en la mayoría de los Sistemas de Información Catastrales (SIC), que en definitiva están concebidos para garantizar un marco de referencia geodésico-cartográfico para la gestión municipal, el control ambiental y la mitigación de riesgos.

CONCEPTUALIZACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA GEODÉSICO DE REFERENCIA

Los sistemas catastrales diseñados sobre la base de coordenadas astronómicas geocéntricas cartesianas o geoidales, constituyen marcos de referencia absoluta para los estudios multitemporales y científicos que, en la actualidad y conjuntamente con la geomática, garantizan la realización precisa desde la cartografía de riesgos a las tablas de valores del suelo rural y urbano. El empleo de sistemas de transferencia de las coordenadas absolutas a representaciones planas dadas por atlas, mapas, cartas y planos (en el lenguaje de ingeniería, arquitectura y construcciones, simplificado actualmente como AEC en inglés) se encuentran asociados con actividades que van desde la visión de mercados globales hasta la determinación de afectaciones en diversas categorías de propiedades por causas de eventos inesperados o catástrofes naturales. Actualmente, existe la necesidad de identificar no sólo el área afectada sino particularmente cada una de las propiedades o elementos que se encuentran dentro de ella, estableciendo una referencia que espacialmente determine su localización y, además, se requiere conocer el efecto que en el tiempo pueda acontecer sobre la misma; es decir, cómo se desarrolla o cuál comportamiento sigue con el transcurrir del evento mismo.

La selección del origen de coordenadas, planimétrico y/o altimétrico, la proyección cartográfica con mínima distorsión y la amplitud de la cobertura cartográfica, son elementos fundamentales o variables de estado en la determinación de los sistemas catastrales. Un origen de coordenadas falso (coordenadas rectangulares locales planas arbitrarias) es comúnmente empleado en los proyectos catastrales para evitar cambios de signo en coordenadas dentro del área de cobertura y proporcionar horizontes de proyección con factores de reducción de distancias próximos a la unidad, para facilitar los trabajos de ingeniería. Un origen de coordenadas así definido, por lo general, se asocia con un sistema de proyección cartográfica conforme; es decir, mantiene la conformidad de los ángulos proyectados, sacrificando la relación unitaria en cuanto a distancia y superficie (equidistancia y equiárea). A medida de que nos alejamos del meridiano de origen, la convergencia influye en las orientaciones acimutales y de rumbos, así como también crece la distorsión de las formas proyectadas. Es por ello que debemos limitar la extensión de cobertura en función a la proyección y escala de representación catastral (Figura 1), de esta manera evitamos coordenadas negativas, establecemos en primer lugar que la representación se realiza

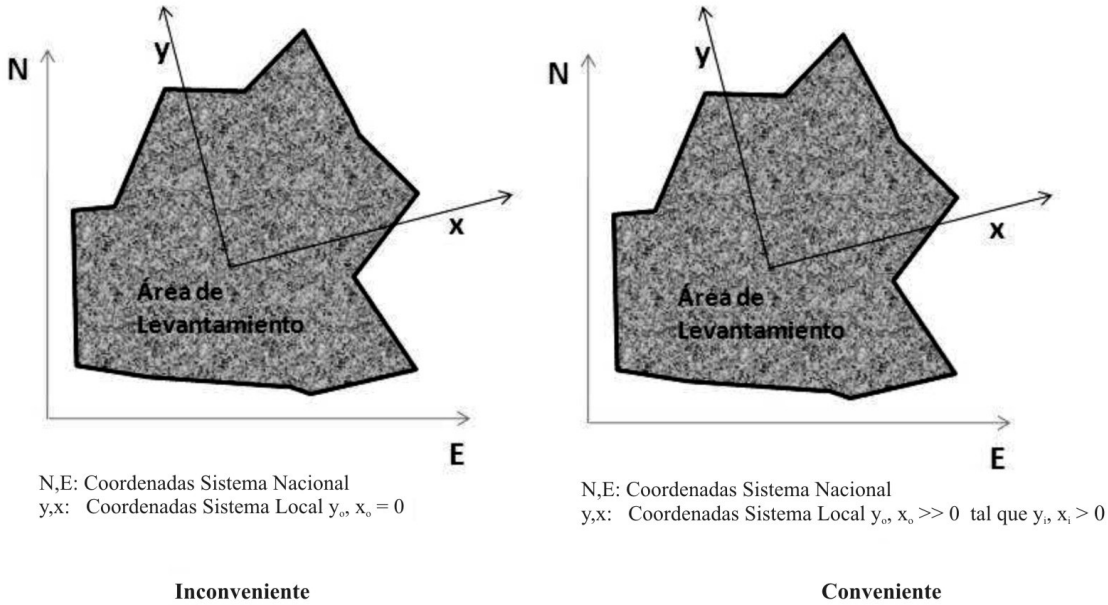

Figura 1. Origen del Sistema de Coordenadas Catastral

en el plano y que se emplea una proyección que mantiene al menos la conformidad en las medidas angulares. En la Figura 1, observamos la selección o diseño del origen del sistema de coordenadas catastral de manera inconveniente cuando dicho origen local se selecciona con coordenadas falsas yo, $x_o = 0$ introduciendo signos negativos en las magnitudes de las coordenadas según el cuadrante en el que se ubiquen los elementos catastrales; mientras que la simple escogencia de un origen local con coordenadas dimensionadas en magnitud de manera que a cualquier ubicación dentro del área de cobertura le correspondan coordenadas positivas lo califica como de diseño conveniente. Como ejemplo tenemos que el sistema catastral de la ciudad de Caracas tiene un origen local (Gauss-Krügger) con y_o, $x_o = 0$ sobre el Datum PSAD56 por lo que se recomienda adoptar y_o, x_o = 200.000,00 m para el nuevo origen en GRS80.

Por otra parte, los modernos sistemas de medición permiten incorporar la dimensión altimétrica con respecto a un datum o superficie de referencia, logrando integrar de esta manera el posicionamiento espacial del evento u elemento para un tiempo determinado (ITRF 2000, ITRF2005, ITRF2008, entre otros). El ITRF2008 es la nueva realización del Organismo Internacional de Referencia Terrestre. Siguiendo el procedimiento utilizado para la formación del ITRF2005, el ITRF2008 emplea como series temporales de datos de entrada las posiciones de la estación y los parámetros de Orientación de la Tierra (POE) proporcionada por los centros de procesamiento de las cuatro técnicas geodésicas espaciales (GPS, VLBI, SLR, DORIS) (ITRS, 2010). Sobre la base de soluciones completamente reprocesadas de las cuatro técnicas, el ITRF2008 se espera que sea una solución mejorada en comparación con ITF2005 (Altamimi, 2009).
La variable tiempo resulta determinante en el proceso de análisis y evaluación de la variación de un elemento dentro del sistema cartografiado, por ello se requiere de una referencia relativa de ocurrencia de evento vinculada con un sistema absoluto de definición de tiempo (Figura 2). De esta forma tendremos que cada evento ocurre en un momento determinado de tiempo y espacio, F(x, y, z, t), esta función se vinculará con un origen cuya definición de tiempo permita evaluar estocásticamente las velocidades y aceleraciones ocurridas entre un evento y otro, o bien corresponda a un proyecto catastral con fines impositivos o multifinalitarios, de servicio público y privado, plan de mitigación y/o recuperación, impacto ambiental, seguridad y defensa nacional, entre otros.

En la Figura 2, observamos que el sistema local está vinculado con el sistema geocéntrico para el momento t0 de manera tal que si cambia el sistema geocéntrico estaremos en condición de realizar las adaptaciones al sistema local y en caso de cualquier evento que modifique parcial o totalmente las condiciones de orientación y escala del sistema local y su área de cobertura, tendremos la posibilidad de su reconstrucción y reubicación con fines de auditoría forense en ingeniería o en la mayoría de los casos el replanteo de las condiciones previas.

La necesidad de vincular la posición espacial a una referencia de tiempo se perfila como requerimiento formal para los Sistemas de Referencia Geodésicos Continentales (CGRS) como SIRGAS, AFREF, EUREF, entre otros, y nacionales como REGVEN (Red Geodésica de Venezuela) del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB), MAGNA-SIRGAS (Colombia), entre otros, a los Marcos Internacionales de Referencia terrestre ($ITRF_{XX}$).

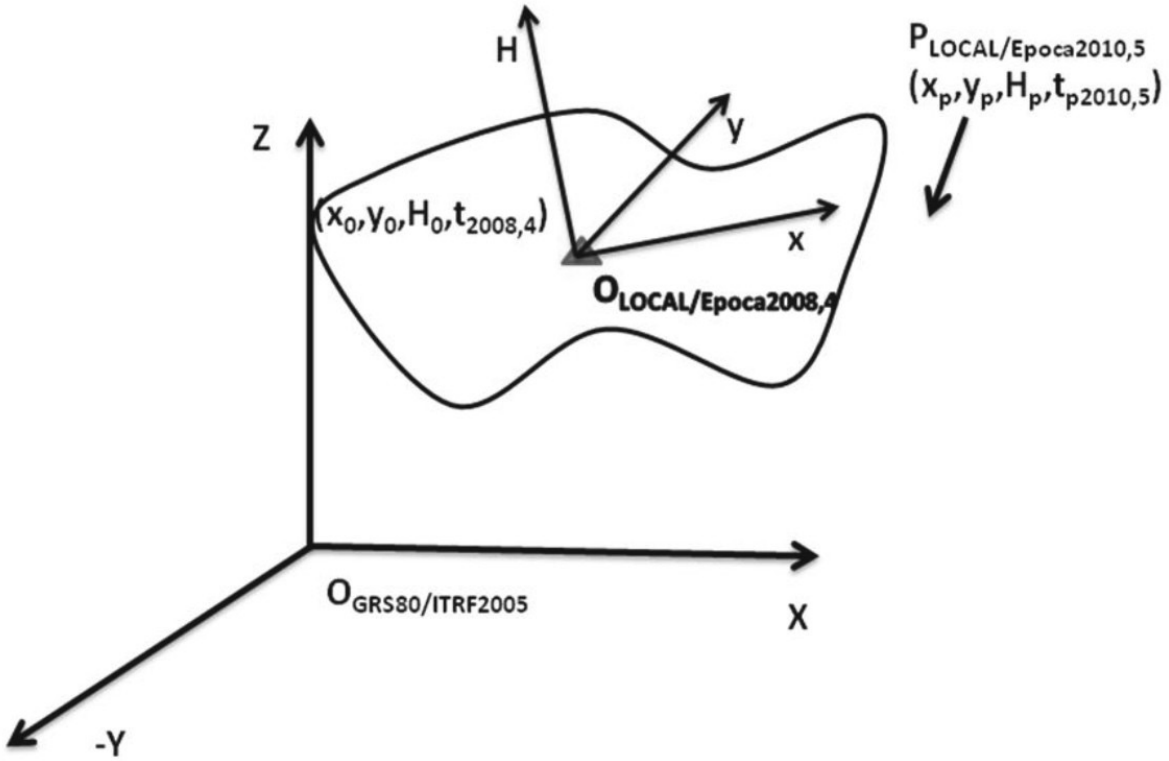

Figura 2. Evento $P_{LOCAL/Epoca2010,5}$ $(x_p,y_p,H_p,t_{2010,5})$ referido al Sistema de Coordenadas Catastral

Otro aspecto del cual trata la adecuada selección del SLCC se trata de la proyección cartográfica, como observamos en el caso de la Ley de Registros y Notarias Publicas que exige las coordenadas de las propiedades y planos parcelarios en U.T.M., referidas a su Huso y con Datum en GRS80, lo cual no significa que el levantamiento catastral deba exclusivamente diseñarse en U.T.M., pues esto traería como consecuencia importantes distorsiones entre las dimensiones presentadas en planos y las correspondientes en el terreno para la realización de proyectos de ingeniería que, por supuesto, incluyen los proyectos catastrales y las obras edilicias.

El nuevo Sistema Geodésico de la República Bolivariana de Venezuela, Resolución No. 10, publicada en Gaceta Oficial No. 36.653 (MARN, 1999), en torno a que definitivamente deben establecerse los SLCC y por consiguiente los Sistemas de Información Catastrales (SIC) de las Ciudades y Centros Poblados se fundamenta en el Sistema de Referencia Geodésico Mundial de 1980 y la Ley de Geografía, Cartografía y Catastro Nacional (Gaceta No. 37.002, 2000); sin embargo, a pesar de la incorporación de REGVEN, la mayoría de los Sistemas Geodésicos Locales de referencia de las principales ciudades del país se encuentran en 2 dimensiones y vinculados con el Datum Provisional de Suramérica 1956 (PSAD56) mediante una parametrización para 3 dimensiones (Hoyer *et al*. 2001), por lo que se hace evidente la necesidad de una solución de conversión de coordenadas que permita transformar bidimensionalmente entre PSAD56 y REGVEN como transición mientras se produce, en su totalidad, la cartografía catastral en el nuevo sistema de la red REGVEN, conforme a las Normas Técnicas para la Formación y Conservación del Catastro Nacional (IGVSB, 2002).

Transformación bidimensional entre PSAD56 y REGVEN

Los modelos de transformación de coordenadas entre Datums, resultan ser numerosos y dependen de los sistemas de coordenadas origen y destino que se establecen como diseño para la formulación de parámetros multidimensionales. Revisada la documentación de los países miembros de SIRGAS, los cuatro modelos principales comúnmente empleados por las Instituciones Cartográficas son:

- Modelo Badekas-Molodensky
- Modelo de similitud de Helmert
- Modelo de transformación bidimensional a partir de coordenadas rectangulares planas (este y norte)
- Modelo de transformación bidimensional a partir de coordenadas elipsoidales (latitud y longitud)

En el presente trabajo haremos mención de dos modelos. El de Badekas-Molodensky por corresponder a una transformación tridimensional que es la empleada oficialmente en nuestro país por el IGVSB, (Hernández J. 2002) y el de transformación bidimensional por tratarse de una transformación bidimensional afín entre coordenadas U.T.M. que ha sido determinada en el estudio para servir de base a la transformación de las poligonales decreto con coordenadas U.T.M. en dos dimensiones de parques nacionales, monumentos nacionales, expansión urbana y catastro rural, y otras de interés para municipios y gobernaciones.

Modelo Badekas-Molodensky. De amplio uso en la fotogrametría semianalítica, digital y en la geodesia de posición se basa en coordenadas cartesianas tridimensionales para la resolución de la orientación exterior relativa y absoluta, así como en la transformación de Datum geo-topográficos, mediante el establecimiento de un punto central (punto fundamental) o centro de gravedad del sistema espacial definido como $[X_0, Y_0, Z_0]^T$, tres parámetros de traslación $[\Delta X, \Delta Y, \Delta Z]^T$, tres de rotación $[Ex, Ey, Ez]^T$ y un factor de escala (λ) entre sistemas:

$$\begin{bmatrix} X_{DEST} \\ Y_{DEST} \\ Z_{DEST} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + (1+\lambda) \begin{bmatrix} 1 & E_Z & -E_Y \\ -E_Z & 1 & E_X \\ E_Y & -E_X & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{ORIG} - X_0 \\ Y_{ORIG} - Y_0 \\ Z_{ORIG} - Z_0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$[X_0, Y_0, Z_0]^T$: Coordenadas geocéntricas del centro de gravedad del sistema espacial, absoluto o relativo, también denominado punto fundamental

$[X_{DEST}, Y_{DEST}, Z_{DEST}]^T$: Coordenadas geocéntricas del punto de cálculo referidas (transformadas) al Sistema de coordenadas DESTINO

$[X_{ORIG}, Y_{ORIG}, Z_{ORIG}]^T$: Coordenadas geocéntricas del punto de cálculo referidas al Sistema de coordenadas ORIGEN

$[\Delta X, \Delta Y, \Delta Z]^T$: Parámetros de translación

$[E_x, E_y, E_z]^T$: Parámetros de rotación

λ : Factor de escala (se expresa en por millón, ppm)

Para la transformación inversa, se invierten los signos de los parámetros y se conservan las coordenadas del centro de gravedad. La desviación estándar y los errores medios cuadráticos esperados en la transformación de una coordenada luego de la determinación de los parámetros se expresa por (2), como:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{(V_{Xi}^2 + V_{Yi}^2 + V_{Zi}^2)}{3n - 10}} = \sigma_X = \sigma_Y = \sigma_Z \quad (2)$$

Donde:

σ_p : Desviación estándar de la transformación general de un punto (X, Y, Z)

σ_X , σ_Y , σ_Z : Desviación estándar de cada coordenada transformada

n: Número de puntos determinados biunívocamente en ambas superficies

Modelo de transformación bidimensional a partir de coordenadas rectangulares planas (Este y Norte).

Conocido como una transformación plana con determinación por exceso siempre que n >> 3 resulta de una simplificación del modelo tridimensional de Helmert a dos dimensiones y viene expresado por (3), como:

$$\begin{bmatrix} \boldsymbol{Este}_{DESTINO} \\ \boldsymbol{Norte}_{DESTINO} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \boldsymbol{a}_1 & \boldsymbol{a}_2 \\ \boldsymbol{b}_1 & \boldsymbol{b}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{Este}_{ORIGEN} \\ \boldsymbol{Norte}_{ORIGEN} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Por tratarse de una transformación afín con determinación por exceso tendremos factores de escala en ambas direcciones de los ejes coordenados como se indica en (4):

$$k_1 = \sqrt{(a_1^2 + b_1^2)} \; ; \qquad k_2 = \sqrt{(a_2^2 + b_2^2)} \quad (4)$$

donde.

k_1: Factor de escala en dirección x
k_2: Factor de escala en dirección y

La desviación estándar y los errores medios cuadráticos esperados en la transformación de una coordenada luego de la determinación de los parámetros se expresa por (5), como:

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{(V_{Xi}^2 + V_{Yi}^2}{3n - 6}} = \sigma_X = \sigma_Y \; ; \qquad = \sigma_p = \sqrt{2} * \sigma_0 \quad (5)$$

La Figura 3 representa la distribución cartográfica en proyección U.T.M. de cartas a escala 1:500.000 que cubren gran parte del territorio del país. Se observa un recuadro que agrupa cuatro cartas conformando la cobertura de la carta NC-19 a escala 1:1.000.000 y dentro de la carta NC-19-I, se ubica la carta NC-19-8 a escala 1:250.000 que corresponde a la hoja cartográfica que contiene la ciudad de Caracas.

Partiendo de la aplicación de la transformación bidimensional afín de seis parámetros entre ambos datums

PSAD56 como sistema origen y REGVEN como sistema destino en coordenadas U.T.M., encontramos dieciséis (16) grupos de parámetros para las cartas a escala 1:1.000.000 de la República.

Según se muestra en la Tabla 1, los parámetros para convertir coordenadas U.T.M., entre los sistemas PSAD 56 y REGVEN-SIRGAS determinan un error probable de σ_o, σ_x, σ_y = 0,169 m ± 0,022 m por coordenada y un error del punto transformado σ_p = 0,239 ± 0,031 m, con confiabilidad para 95% de los datos, garantizando la mayoría de las aplicaciones de actualización de bases cartográficas existentes sobre las cuales se podrá representar la cuadrícula destino REGVEN-SIRGAS con suficiente precisión. Estos resultados garantizan el aspecto legal que demandan las precisiones requeridas en las coordenadas para la mayoría de los documentos jurídicos y técnicos oficiales, referidos a escalas menores a 1:2.000.

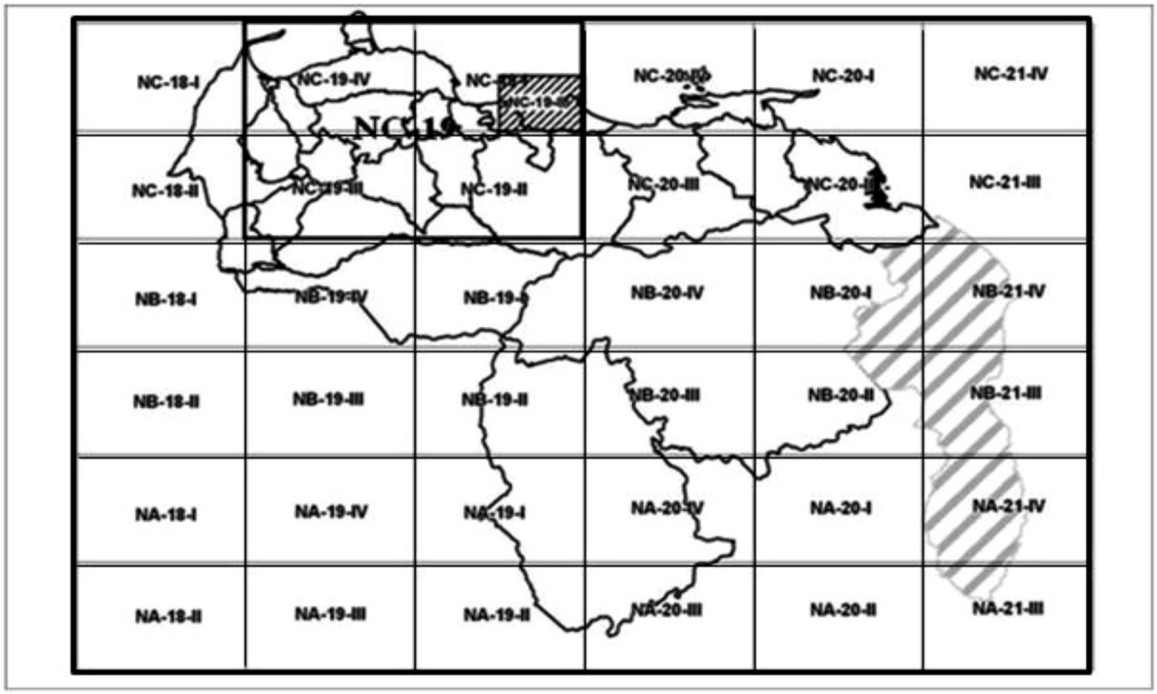

Figura 3. Distribución cartográfica a escala 1:500.000 con indicación de las cartas NC-19 y NC-19-8 (1:250.000) (Fuente: Cálculos propios)

Tabla 1. Cronograma de recolección de muestras (Hernández, 2005)

					ΔX	ΔY	σ_0	σ_p
Carta	**a1**	**b1**	**a2**	**b2**	**(m)**	**(m)**	**± (m)**	**± (m)**
NA-18	0,99999052	0,00000039	-0,00000040	0,99999050	-223,625	-359,650	0,121	0,171
NB-18	0,99999264	0,00000119	-0,00000120	0,99999262	-225,388	-360,053	0,119	0,169
NC-18	0,99999473	0,00000197	-0,00000198	0,99999448	-227,483	-361,164	0,113	0,159
ND-18	0,99999681	0,00000274	-0,00000277	0,99999496	-229,907	-361,224	0,107	0,152
NA-19	0,99999320	0,00000314	-0,00000314	0,99999320	-204,587	-360,161	0,185	0,262
NB-19	0,99999531	0,00000232	-0,00000232	0,99999530	-206,002	-360,678	0,182	0,258
NC-19	0,99999738	0,00000149	-0,00000148	0,99999713	-207,775	-361,869	0,175	0,248
ND-19	0,99999942	0,00000065	-0,00000064	0,99999757	-209,911	-361,956	0,168	0,237
NA-20	0,99999523	0,00000584	-0,00000584	0,99999524	-183,875	-358,237	0,185	0,262
NB-20	0,99999732	0,00000500	-0,00000500	0,99999733	-185,292	-358,743	0,182	0,257
NC-20	0,99999938	0,00000414	-0,00000414	0,99999915	-187,078	-359,902	0,175	0,247
ND-20	1,00000139	0,00000326	-0,00000326	0,99999955	-189,251	-359,929	0,167	0,236
NA-21	0,99999689	0,00000846	-0,00000847	0,99999691	-161,747	-354,500	0,185	0,262
NB-21	0,99999898	0,00000762	-0,00000762	0,99999900	-163,165	-354,996	0,182	0,257
NC-21	1,00000101	0,00000673	-0,00000673	1,00000079	-164,966	-356,127	0,174	0,246
ND-21	1,00000300	0,00000581	-0,00000585	1,00000113	-167,114	-356,032	0,162	0,229

Estadísticas:

Promed.	0,99999726	0,00000378	-0,00000378	0,99999682	-191,413	-358,774	0,169	0,239
DesvEst.	0,00000359	0,00000298	0,00000298	0,00000314	21,968	2,444	0,022	0,031
Máximo	1,00000300	0,00000846	0,00000120	1,00000113	-161,747	-354,500	0,185	0,262
Mínimo	0,99999052	-0,00000119	-0,00000847	0,99999050	-225,388	-361,956	0,119	0,169

Fuente: Cálculos propios

Donde:

σ_0, σ_x, σx : Error esperado de una coordenada transformada
σ_p: Error esperado de un punto transformado

De los resultados obtenidos en la Tabla 1, podemos afirmar que la transformación de los archivos digitales en Datum PSAD 56 con coordenadas U.T.M., pueden ser convenientemente transformados en el sistema nacional REGVEN con suficiente precisión para escalas grandes, que tradicionalmente se realizan hasta en 1:2.000 en Venezuela. Una limitación importante que debemos considerar en escalas superiores a 1:2.000, consiste en la afectación que factores como reducción de distancias y la convergencia de meridianos propios del sistema de proyección cartográfica U.T.M. conlleva para la realización de proyectos de ingeniería.

En muchos casos se considera más apropiado el empleo de sistemas de coordenadas Gauss-Krüger para garantizar que los planos de proyectos de ingeniería puedan ser empleados más fácilmente en el replanteo y la construcción de obras edilicias, por tal motivo se recomienda una vez obtenidas las conversiones de coordenadas al sistema U.T.M. REGVEN, desde PSAD 56, transformarlas en coordenadas geodésicas para posteriormente reproyectarlas en coordenadas planas Gauss-Krüger con horizonte de cálculo y meridiano central definidos por las normativas del IGVSB para escalas catastrales y de proyectos de ingeniería en las diversas regiones del país.

Siguiendo este último procedimiento aplicado al vértice Loma Quintana con Origen en La Canoa (PSAD56), cuyas coordenadas U.T.M. son Norte 1.162.197,707 y Este 726.160,034 Huso 19 se obtiene Norte 1.161.833,584 y Este 725.948,637 en REGVEN con resultados de ΔEste +0,048 m y ΔNorte +0,070 m respecto a la transformación empleando el Modelo Badekas-Molodensky y los parámetros oficiales, estas diferencias garantizan el empleo del modelo de transformación bidimensional afín de Helmert de seis parámetros con suficiente precisión sin emplear la coordenada altimétrica y el efecto altimétrico que induce considerar h=H en el modelo oficial para convertir coordenadas geodésicas elipsoidales (ϕ, λ, h) en coordenadas geocéntricas cartesianas (X,Y,Z).

CENTROS DE INFORMACIÓN MUNICIPALES

La posibilidad de consolidar los sistemas de información catastrales para el control ambiental y la mitigación de riegos a escala municipal se inicia con coberturas a escala 1:25.000 para el ámbito rural y en la medida de que se requiere de una resolución más alta se van conformando áreas de levantamiento a escalas 1:10.000, por ejemplo para zonas rurales próximas a centros poblados y/o bajo niveles de riesgo e impacto sobre patrimonios individuales o comunitarios de importancia media; 1:5.000; 1:2.500; 1:1.000, directamente sobre áreas urbanas con alta sensibilidad al riesgo; hasta alcanzar las escalas topográficas y de detalle en ingeniería sobre las zonas seleccionadas para programas de ejecución de obras, mantenimiento y servicios. En la Figura 4, están incluidas las unidades de almacenamiento y prestación de información de gran capacidad, así como la diversidad de representación cartográfica, conformando DataWarehouses (Marianne & Frank, 2004), desde las oficinas municipales modernamente diseñadas, como Centros de Servicios de Datos Geoespaciales Municipales (CSDGM), representando una inmejorable oportunidad para afianzar el proceso de sustentabilidad, basado en la autogestión municipal. Los municipios metropolitanos tendrían bajo su gestión la comercialización de la base catastral que sirve de plataforma a la ingeniería municipal y a las empresas de servicios públicos con accesos interoperativos a través de internet (Konecny, 2004). El SIC Metropolitano es posible desde la concepción del repositorio de datos cooperativo y multifinalitario (Datawarehouses Municipales), convenientemente administrado para asegurar permanentemente su actualización.

Estos avances han venido a denominarse Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's) de la Geomántica, e impulsan con gran fuerza a los sistemas de Información topográfica y catastral conjuntamente con la infraestructura de datos espaciales hacia una nueva concepción de los sistemas abiertos de información pública.

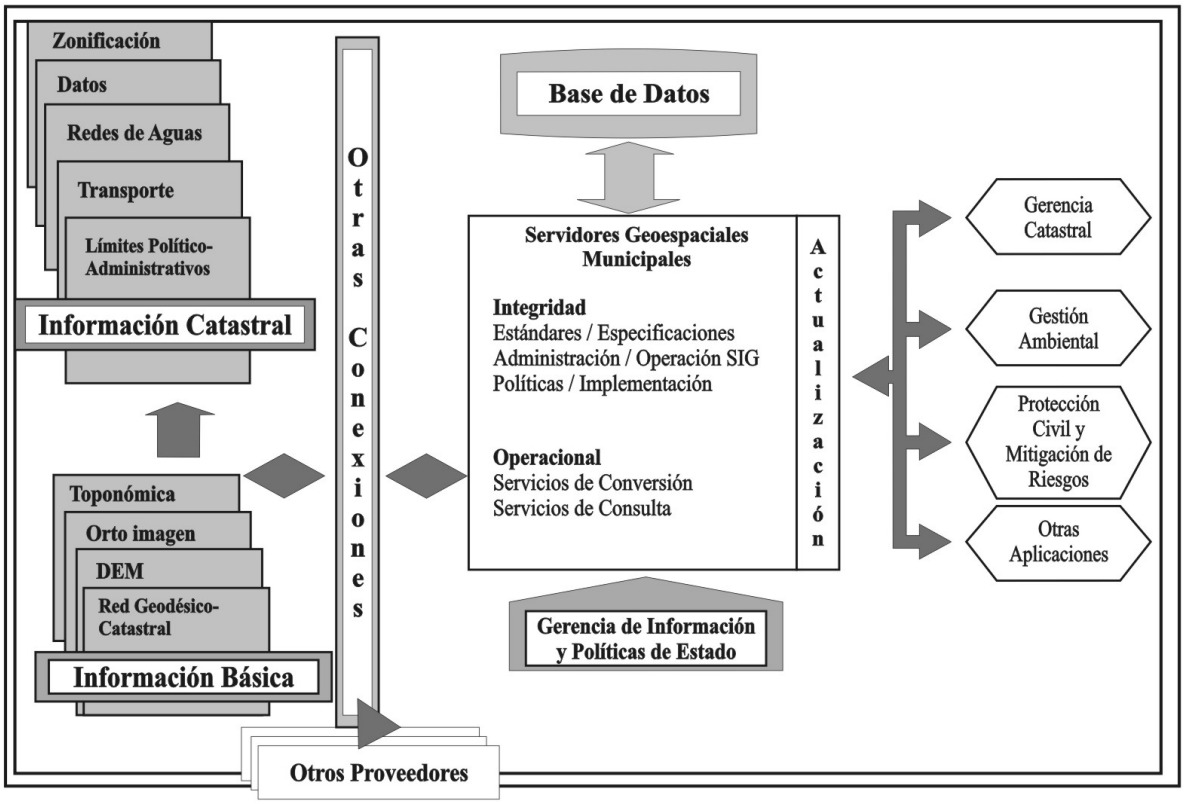

Figura 4. Centro de Servicios de Información para la Gestión Municipal. CSIGM

CONCLUSIONES

Un sistema de coordenadas catastral moderno, cuenta con una definición de estructura de información basada en el intercambio entre diversos sistemas de información georeferenciada; los cuales deben transitar desde los formatos raster a los vectoriales, incluyendo nuevas arquitecturas en modelaje de realidad virtual.

Los parámetros obtenidos para la solución del modelo de transformación bidimensional de Datum PSAD56-La Canoa a REGVEN-SIRGAS en coordenadas U.T.M., siguiendo la distribución de bloques por cartas a escala 1:1.000.000, facilita la conversión analítica de archivos digitales de poligonales y coberturas cartográficas a nivel nacional para escalas cuya exactitud requiera de coordenadas al medio metro; es decir, elaborados a escalas medias y menores a 1:2.000. Estos parámetros (Tabla 1) abarcan todo el territorio nacional y garantizan una excelente precisión en orden de un $\sigma x,y = 0{,}239 \pm 0{,}031$ m (error medio esperado en la transformación de un punto de coordenadas) desde el Sistema PSAD56-La Canoa al Sistema REGVEN-SIRGAS, ofreciendo la posibilidad inmediata de convertir y actualizar la mayoría de las poligonales decreto promulgadas en Gaceta Oficial para los polígonos de afectación, áreas de reserva y el estudio de límites políticos estatales, municipales y por parroquias en la nueva cartografía.

La posibilidad de consolidar la gerencia catastral conjuntamente a los programas de control ambiental y mitigación de riesgos mediante la implantación de los sistemas de información geográficos, desde oficinas modernamente diseñadas, como Centros de Servicios de Información para la Gestión Municipal (CSIGM), representa una inmejorable oportunidad para afianzar el proceso de sustentabilidad basado en la autogestión municipal. La propuesta de incorporar a los sistemas de información catastrales la concepción del repositorio de datos cooperativo (Datawarehouses), convenientemente administrado para asegurar permanentemente su actualización, permitirá a las oficinas municipales y metropolitanas compartir con sus dependencias regionales y centrales, así como con las empresas de servicios públicos, no importa cuán alejadas se encuentren entre sí, integrando un robusto Sistema de Información Georefenciado, a través de la Internet y fundamentado en un adecuado Sistema Geodésico de Referencia de Control Ambiental y Mitigación de Riesgos. En definitiva, se espera que este enfoque contribuya al mejoramiento de la calidad de vida de todos los ciudadanos, permitiendo vincular los sistemas globales, regionales y locales de manera precisa y conformando una estructura

de visualización multitemporal por escalas (multiescala) dentro de los Sistemas de Información Municipales.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo ha sido posible gracias al intercambio de ideas y las valiosas discusiones con los profesores del Departamento de Ingeniería Geodésica y Agrimensura e investigadores del Instituto de Zoología Tropical y Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela en procura de una parametrización más simple para el caso de estudio.

REFERENCIAS

Altamimi Z. (2009). *Perspectives on the IDS Combination and ITRF2008*. IDS AWG March 23rd, 2009.

Ballou, D. P. & Tayi, G. K. (1999). "*Enhancing Data Quality in Data Warehouse Environment*". Communications of the ACM, 42(1), 73-78.

Hernández, J. (2002). *Evolución y estado actual del sistema de referencia geocéntrico en Venezuela*. Congreso Internacional de Geodesia y Cartografía. IGVSB.

Hoyer, M., Wildermann, E., Acuña, G. (2001). *La Transformación del Datum geodésico PSAD-56 al Sistema REGVEN*. I Jornadas Nacionales de Topografía, San Carlos, 3 y 4 de mayo de 2001.

IGVSB. (2002). *Normas Técnicas para la Formación y Conservación del Catastro Nacional*. Gaceta Oficial N° 5.590 del 10 de junio de 2002.

ITRS (2010). *Product Center Announces the Release of ITRF2008*. May 31, 2010. http://itrf.ign.fr/ITRF_solutions/2008/ITRF2008.php.

Konecny, M. (2004). "*Promoting Global Cartography, GIM Int´l Interviews*". GIM International, magazine 5. Vol.18. pp 7-9.

Marianne, J. & Frank, A. U. (2004). "*How to Increase Usability of Spatial Data by Finding a Link between User and Data*". Institute for Geoinformation. Technical University Vienna.

MARN. (1999). *Datum Oficial SIRGAS-REGVEN*. Resolución No. 10. Gaceta Oficial Oficial N° 36.653 del 3 de marzo de 1.999.

Mitsakaki, C. (2004). "*Reference frame in Practice, Cooodinate transformations*". FIG Working Week Athens Greece.

República Bolivariana de Venezuela. (2000). *Ley de Geografía, Cartografía y Catastro Nacional*. (Gaceta oficial Nº 37.002 de fecha 28 julio de 2000).