

POLÍTICA NÚM: TIG-005**Tema: Geomática:** {Geodesia, Cartografía, Sistemas de Información Geográfica, Teledetección, Sistemas de posicionamiento global (GPS)}**TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN GUBERNAMENTAL**
OFICINA DE GERENCIA Y PRESUPUESTO**POLITICA NÚM. :** TIG-005**FECHA DE EFECTIVIDAD:** 20 julio 2011**FECHA DE REVISIÓN:** 20 julio 2011**TEMA: Geomática:** Geodesia, Cartografía, Sistemas de información geográfica, Teledetección, Sistemas de posicionamiento global (GPS).**DESCRIPCIÓN**

El propósito de este documento es establecer una serie de estándares y guías para las actividades relacionadas a la información geográfica y ciencias geomáticas. Estas ciencias engloban disciplinas tales como geodesia, cartografía, sistemas de información geográfica, teledetección y GPS.

BASE LEGAL

Ley Núm. 151 del 22 de junio de 2004 establece que la Oficina de Gerencia y Presupuesto tendrá la facultad para instrumentar, establecer y emitir la política pública a seguir y las guías que regirán la adquisición e implantación de los sistemas, equipos y programas de información tecnológica para los organismos gubernamentales con el objetivo primordial de lograr la interconexión de los organismos para facilitar y agilizar los servicios al pueblo.

ALCANCE

Esta política aplica a todas las **entidades gubernamentales** del Estado Libre Asociado de Puerto Rico **que utilizan información geográfica en sus distintas manifestaciones, oficinas que poseen programas SIG, Cartografía digital, Teledetección, GPS.**

MANTENIMIENTO DE LA POLÍTICA

La División de Gobierno Electrónico de la Oficina de Tecnologías de Información Gubernamental de la Oficina de Gerencia y Presupuesto es responsable por el mantenimiento y actualización de esta política.

POLÍTICA

La siguiente política contendrá una serie de estándares y guías relacionadas a las actividades que tienen que ver con las distintas modalidades de la información geográfica.

Estándares:

- Documentación de la información cartográfica digital: Metadatos
- Sistemas de coordenadas

- Códigos de áreas geográficas
- Exactitud posicional de geodatos
- Exactitud con equipos GPS

Guías

- Calidad de los conjunto de geodatos: guías para revisar integridad de los datos.
- Contratación de consultores
- Conversión de datum horizontal
- Prácticas recomendadas para la entrada de datos
- Guía GPS

Estándar TIG-005-004:

Exactitud posicional de los datos:

Traducido y adaptado del documento original: FGDC-STD-007.3-1998

[“Geospatial Positioning Accuracy Standards](#)

[Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy](#)

Federal Geographic Data Committee, EEUU

3.1.1 Objetivo:

El estándar federal para exactitud posicional (NSSDA) en inglés implanta una metodología estadística y de pruebas para estimar la exactitud posicional de puntos en mapas y en conjunto de geodatos digitales con respecto a posiciones reales georreferenciadas de mayor exactitud.

3.1.2 Alcance:

Este estándar (NSSDA) aplica a todo conjunto de geodatos, sea representado en formato matricial (raster), puntual (lista de coordenadas X,Y) o formato vectorial, derivado de fuentes tales como fotografías aéreas, imágenes satelitales y mediciones directas en el terreno. El estándar provee un lenguaje común para informar la exactitud y de esta manera facilitar la identificación de conjunto de geodatos para aplicaciones geográficas.

Este estándar es clasificado como **Datos con Aptitud para Utilización (Data Usability Standard)** por el Modelo de Referencia de Estándares del Comité Federal sobre Datos Geográficos (FGDC en inglés). El estándar de Aptitud para Utilización describe cómo expresar “la aplicabilidad o esencia de un conjunto de datos o un elemento entre los datos” e incluye “calidad de los datos, evaluación, exactitud, e informar o documentar de estándares” FGDC, 1996, p. 8).

Este estándar no define umbrales de valores de exactitud. Se exhorta a las agencias y entidades gubernamentales a establecer dichos umbrales para las especificaciones de sus productos y para propósitos de contratación de servicios consultivos. En última instancia, los usuarios identifican niveles de exactitud aceptables para sus aplicaciones. Los productores de geodatos deben determinar cuál nivel de exactitud se puede lograr para sus conjuntos de geodatos e informarlo utilizando el estándar federal de exactitud (NSSDA).

3.1.3 Aplicabilidad:

Use este estándar para evaluar e informar la exactitud posicional de los mapas y conjuntos de geodatos producidos, revisados o diseminados por y para el Gobierno Federal. De acuerdo a la Orden Ejecutiva Federal # 12906 (*Coordinating Geographic Data Acquisition and Access: The National Spatial Data Infrastructure* (Clinton, 1994, Sec. 4. Data Standards Activities, item d), y traducimos “**Las agencias federales que colectan o producen conjuntos de geodatos, ya sea directa o indirectamente, por ejemplo, mediante subvenciones, asociaciones o contratos con otras entidades, han de asegurar, previo a obligar fondos para tales actividades, que estos datos deberán ser colectados de manera que cumplan los estándares que les sean relevantes y que hayan sido adoptados por el proceso establecido por el FGDC**”.

La exactitud del conjunto de geodatos, sean nuevos o revisados será informada de acuerdo al estándar NSSDA. La exactitud del conjunto de geodatos existentes o el conjunto de geodatos antiguos puede ser informada como se especifica, de acuerdo con el NSSDA, o el estándar de exactitud por el cual fue evaluado.

3.1.4 Estándares relacionados:

Los productores de datos geoespaciales **pueden elegir** el uso de niveles de conformidad o umbrales de exactitud tales como:

- **Estándares Federales para Mapas Nacionales** de 1947 (US Bureau of the Budget, 1947) (National Map Accuracy Standards of 1947)
- **Estándares de Exactitud para Mapas a Gran Escala** [American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) Specifications and Standards Committee, 1990] (Accuracy Standards for Large-Scale Maps)

si estos deciden que los valores de estos umbrales son realmente aplicables para sus datos geoespaciales.

La exactitud posicional de puntos o localizaciones que han sido **producidos por instrumentos geodésicos** se informa de acuerdo a la **Parte 2 del Estándar para Redes Geodésicas de Puntos de Control** (Standards for Geodetic Control Networks), FGDC, 1998, Geospatial Accuracy Standards. Las coordenadas de puntos en el terreno que hayan sido colectadas de acuerdo a los Estándares y Especificaciones para Redes Geodésicas de Puntos de Control (Federal Geodetic Control Committee, 1984) son usados en el Sistema Federal de Referencia Espacial (NSRS en inglés). El Sistema Federal de Referencia Espacial es un sistema nacional coherente, el cual define latitud, longitud, altura, escala, gravedad y orientación a través de todos los EEUU y cómo estos valores cambian con el tiempo. Consecuentemente, este enlaza los datos espaciales a posiciones georreferenciadas. Los puntos de control del NSRS pueden ser elegidos como fuente superior e independiente de exactitud para validar la exactitud de mapas y conjuntos de geodatos de acuerdo al estándar NSSDA.

La parte 4 de los Estándares *A/E/C and Facility Management*, Facilities Working Group, 1997, utiliza el estándar NSSDA para pruebas y validación de exactitud. El estándar NSSDA puede ser usado para mapas completamente georreferenciados para aplicaciones de manejo de instalaciones tales como planificación preliminar de espacios ocupados por estructura(s) y mapas de exploración.

3.1.5 Procedimientos para el desarrollo de estándares:

El estándar federal NSSDA (National Standard for Spatial Data Accuracy) fue desarrollado por un grupo para estos propósitos (ad hoc) sobre exactitud geoespacial del FGDC, con el propósito de actualizar el Estándar NMAS (US Bureau of Budget, 1947). El estándar de exactitud para mapas a gran escala de la ASPRS (ASPRS Specifications and Standards Committee, 1990) sirvió de base para actualizar el antiguo estándar NMAS. La versión preliminar del NSSDA, llamada National Cartographic Standards for Spatial Accuracy (NCSSA), extendió los estándares de exactitud de la ASPRS para escalas cartográficas menores de 1:20,000. Los estándares NCSSA fueron publicados para revisión pública por medio del FGDC y fueron sustancialmente revisados.

La comunidad geoespacial se ha diversificado para incluir múltiples productores de datos, que a su vez tienen especificaciones variadas y muchos consumidores de datos con diferentes requerimientos para sus aplicaciones. El estándar NSSDA fue desarrollado para proveer un mecanismo informativo común, de modo que los consumidores de datos puedan comparar directamente conjuntos de datos para sus aplicaciones.

Durante este proceso se comprendió que las mediciones que dependían de mapas, tales como la publicación de escala e intervalos de contornos, no eran completamente aplicables cuando los conjuntos de geodatos estaban en formato digitalizado y se podían manipular y convertir a cualquier escala o formato.

Los cambios principales incluyen requerimientos para informar valores de exactitud; un componente estadístico para exactitud en el plano horizontal en vez de un componente de exactitud x,y, además de una alineación con los estándares emergentes de exactitud del Federal Geographic Control Subcommittee (FGCS), FGDC, 1998. El nombre de NCSSA fue cambiado a National Standard for Spatial Data Accuracy para enfatizar su aplicabilidad para datos geoespaciales así como a los mapas gráficos.

3.1.6 Mantenimiento:

El Departamento del Interior de los EEUU, el US Geological Survey (USGS), National Map Division mantiene el estándar NSSDA para el Federal Geographic Data Committee. Puede enviar preguntas concernientes al estándar NSSDA a: Chief, National Map Division, USGS, 516 National Center, Reston, VA 20192.

3.2 Metodología para prueba y requerimientos para informe:

3.2.1 Exactitud espacial:

El NSSDA usa el **error cuadrático de la media (Root Mean Square Error, RMSE** en inglés) para estimar la exactitud posicional. El error cuadrático de la media es la raíz cuadrada del promedio del conjunto de diferencias al cuadrado entre los valores de las coordenadas del conjunto de geodatos y las coordenadas de una fuente independiente de mayor exactitud para puntos idénticos¹.

¹ Ver apéndice 3A

La exactitud es informada en distancias en el terreno a un nivel estadístico de confianza de 95%. La exactitud notificada a un nivel de confianza de 95% significa que el 95% de las posiciones en el conjunto de datos (dataset en inglés) tendrán un error con respecto a posiciones reales en el terreno que serán iguales o menores que el valor de exactitud informado. El valor de exactitud notificado refleja todas las incertidumbres, incluyendo aquéllas traídas por puntos geodésicos de control, compilación y cómputo final de coordenadas reales en el conjunto de geodatos.

3.2.2 Guías para la prueba de exactitud:

De acuerdo con el estándar de transferencia de datos geoespaciales (Spatial Data Transfer Standard, SDTS (ANSI-NICTS, 1998), la prueba idónea de exactitud debe utilizar una fuente independiente de mayor exactitud. Consecuentemente, el NSSDA presenta las guías para la prueba de exactitud por medio de una fuente independiente de mayor exactitud. Esta fuente independiente de mayor exactitud deberá tener el nivel de exactitud más alto asequible y práctico para probar la exactitud del conjunto de geodatos a evaluar².

El productor de los datos deberá determinar la extensión geográfica del área de prueba. La exactitud horizontal ha de ser evaluada mediante la comparación de coordenadas planimétricas de **puntos bien definidos**³ en el conjunto de geodatos (*dataset*) con coordenadas de los mismos lugares desde una fuente independiente de mayor exactitud. La exactitud vertical ha de ser evaluada mediante la comparación de elevaciones en el conjunto de geodatos (*dataset*) con elevaciones de los mismos lugares determinados en la fuente independiente de mayor exactitud.

Es necesario que antes de calcular los valores de exactitud de la prueba, se tomen en cuenta y corrijan los errores de codificación o de procesamiento de datos tales como cambios de signos o inconsistencias entre el conjunto de geodatos y la fuente independiente de mayor exactitud.

Se requiere un número mínimo de 20 puntos de prueba, distribuidos de tal manera que representen el área geográfica de interés y la distribución del error en el conjunto de geodatos⁴. Cuando se hace la prueba usando 20 puntos, el nivel estadístico de confianza de 95% permite que uno de los puntos no cumpla con el umbral establecido para las especificaciones del producto.

Si no se le hace posible identificar al menos 20 puntos para la prueba, use medios alternativos para evaluar la exactitud del conjunto de geodatos. El estándar SDTS (ANSI-NCITS, 1998) identifica los siguientes métodos para determinar exactitud:

- Estimado deductivo
- Evidencia interna
- Comparación con la fuente

² Ver apéndice 3-C, sección 2

³ Ver apéndice 3-C, sección 1

⁴ Ver apéndice 3-C, sección 3

3.2.3 Informe de exactitud:

Los datos geoespaciales pueden ser compilados con un valor de exactitud para el plano vertical y otro valor de exactitud para el plano horizontal. Si un conjunto de geodatos (dataset) no contiene datos de elevación, solamente podrá hacer la prueba para el plano horizontal. Cuando un conjunto de geodatos, sea una matriz (grid) de elevación o un mapa de contornos, no facilite la identificación de localizaciones para realizar la prueba, realice la prueba solamente para el plano vertical.

Un conjunto de geodatos puede contener temas en áreas geográficas en las cuales tienen diferentes exactitudes. A continuación se muestran las guías para informar la exactitud de un conjunto de geodatos compilado utilizando diferentes fuentes y niveles de exactitud (**geodatos compuestos**) (**composite dataset**).

- Realice pruebas separadas para cada área que contenga datos de diferentes fuentes y niveles de exactitud. (geodatos compuestos)
- Realice una sola prueba si no se puede distinguir en el conjunto de geodatos entre los componentes de diferentes fuentes y niveles de exactitud. (geodatos compuestos)
- En caso de que no se haya realizado la prueba de exactitud en el conjunto de geodatos compuestos, informe el valor de exactitud del componente de menor exactitud.

La exactitud posicional deberá ser informada por medio de distancias en el terreno. Use unidades métricas cuando el conjunto de geodatos está registrado usando coordenadas en unidades métricas. Utilice unidades en pies si el conjunto de geodatos está registrado usando coordenadas en pies (no aplica en PR). El número de dígitos para el valor de exactitud deberá ser igual al número de dígitos que utiliza el conjunto de geodatos.

Al indicar la exactitud en unidades de distancia en el terreno, se permite a los consumidores de datos la comparación directa entre conjuntos de geodatos de diferente escala y nivel de detalle. Una simple declaración de conformidad (u omisión, cuando el conjunto de geodatos no cumple con el estándar), no es lo adecuado. Las medidas basadas en características de mapas tales como la escala de publicación o el intervalo de contornos, ya no son adecuadas ahora que los geodatos pueden ser fácilmente manipulables y transferidos a cualquier escala o formatos diferentes.

Informe la exactitud al nivel estadístico de confianza de 95% para los datos puestos a prueba, ya sea en el plano horizontal o el vertical, de la siguiente manera.

Probado	_____ (metros, pies)	de exactitud posicional horizontal al nivel de 95% de confianza
Probado	_____ (metros, pies)	de exactitud posicional vertical al nivel de 95% de confianza

Utilice la frase “compilado para cumplir” cuando no se cuente con una fuente independiente de mayor exactitud y se haya usado un método alternativo para evaluar

la exactitud del conjunto de geodatos. Informe la exactitud al nivel estadístico de 95% de confianza para datos *producidos de acuerdo a los métodos que han sido demostrados para producir datos con valores particulares en el plano horizontal y vertical* de la siguiente manera:

Compilado para cumplir	_____ (metros, pies)	de exactitud posicional horizontal al nivel de 95% de confianza
Compilado para cumplir	_____ (metros, pies)	de exactitud posicional vertical al nivel de 95% de confianza

Informe la exactitud para datos *probados* en el plano horizontal y *producidos de acuerdo a los procedimientos que han sido demostrados para cumplir con una particular exactitud vertical* de la siguiente manera:

Probado para cumplir	_____ (metros, pies)	de exactitud posicional horizontal al nivel de 95% de confianza
Compilado para cumplir	_____ (metros, pies)	de exactitud posicional vertical al nivel de 95% de confianza

Muestre anotaciones similares cuando los datos están probados para el plano vertical, y *producidos de acuerdo a los procedimientos que han sido demostrados para producir datos con un valor particular en el plano horizontal*.

Para geodatos digitales, informe el valor de exactitud en el documento de metadatos (Federal Geographic Data Committee, 1998, Section 2), según sea apropiado para las características:

(Data_Quality_Information/Positional_Accuracy/Horizontal_Positional_Accuracy/Horizontal_Positional_Accuracy_Assessment/Horizontal_Positional_Accuracy_Value)

Y / O

(Data_Quality_Information/Positional_Accuracy/Vertical_Positional_Accuracy/Vertical_Positional_Accuracy_Assessment/Vertical_Positional_Accuracy_Value)

Informe el valor de exactitud en el documento de metadatos (Federal Geographic Data Committee, 1998, Section 2), según sea apropiado para las características:

(Data_Quality_Information/Positional_Accuracy/Horizontal_Positional_Accuracy/Horizontal_Positional_Accuracy_Assessment/Horizontal_Positional_Accuracy_Explanation)

Y / O

(Data_Quality_Information/Positional_Accuracy/Vertical_Positional_Accuracy/Vertical_Positional_Accuracy_Assessment/Vertical_Positional_Accuracy_Explanation)

Provea una descripción completa sobre cómo estos valores fueron determinados en el documento (metadatos), independientemente de si los datos fueron probados mediante fuente independiente de mayor exactitud o si fueron evaluados para exactitud por medios alternativos (Federal Geographic Data Committee, 1998, Section 2):

(Data_Quality_Information/Positional_Accuracy/Horizontal_Positional_Accuracy/Horizontal_Positional_Accuracy_Report)

Y / O

(Data_Quality_Information/Positional_Accuracy/Vertical_Positional_Accuracy/Vertical_Positional_Accuracy_Report)

3.3 NSSDA y otros estándares de exactitud:

La exactitud de geodatos nuevos o revisados será informada de acuerdo a NSSDA. Por su parte, la exactitud de geodatos antiguos puede ser informada, como se especifica, ya sea de acuerdo a NSSDA o mediante el estándar de exactitud por el cual fueron evaluados. El apéndice 3-D describe la aplicación del **error cuadrático de la media** (RMSE) a coordenadas individuales x – y, antiguamente conocido como NMAS y los estándares sobre exactitud de la ASPRS para mapas a gran escala. Estos estándares, su relación con NSSDA, y su anotación de exactitud son descritos para asegurar que los usuarios tengan algún medio para evaluar la exactitud posicional de geodatos o mapas para sus aplicaciones.

Si el informe de exactitud no puede ser provisto usando NSSDA u otro estándar reconocido, propvea información que pueda hacer que los consumidores de datos evalúen cómo los datos se ajustan a los requerimientos de sus aplicaciones. Esta información puede incluir descripciones de las fuentes utilizadas para compilar los datos, la exactitud de mediciones en el campo asociadas con la compilación, procedimientos de digitalización, equipo utilizado y los procesos de control de calidad usados en la producción de los datos.

Independientemente del método que haya sido usado para evaluar la exactitud posicional, explique la exactitud de las mediciones de coordenadas y describa las pruebas en el documento de metadatos geoespaciales (Federal Geographic Data Committee, 1998, Section 2), según sea apropiado en las características del conjunto de geodatos:

(Data_Quality_Information/Positional_Accuracy/Horizontal_Positional_Accuracy/Horizontal_Positional_Accuracy_Report)

Y / O

(Data_Quality_Information/Positional_Accuracy/Vertical_Positional_Accuracy/Vertical_Positional_Accuracy_Report)

Propvea información sobre la fuente de datos y los procesos usados para producir el conjunto de datos en el documento de metadatos (Federal Geographic Data Committee, 1998, Section 2), bajo la sección (Data_Quality_Information/Lineage).

Referencias:

American National Standards Institute, Information Technology - Spatial Data Transfer Standard (SDTS) (ANSI-NCITS 320:1998): New York, New York.

American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) Specifications and Standards Committee, 1990, ASPRS Accuracy Standards for Large-Scale Maps: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v. 56, no. 7, p. 1068-1070.

Clinton, William J., 1994, Executive Order 12906, Coordinating Geographic Data Acquisition and Access: The National Spatial Data Infrastructure: Washington, DC, Federal Register, Volume 59, Number 71, pp. 17671-17674.

Facilities Working Group, 1997, Part 4, Draft Standards for Architecture, Engineering, Construction (A/E/C) and Facility Management, Geospatial Positioning Accuracy Standards: Washington, DC, U.S. Army Corps of Engineers, 21 p.

Federal Geodetic Control Committee, 1984, Standards and Specifications for Geodetic Control Networks: Silver Spring, Md., National Geodetic Survey, National Oceanic and Atmospheric Administration, 29 p.

Federal Geographic Data Committee, 1998, Content Standards for Digital Geospatial Metadata (version 2.0), FGDC-STD-001-1998: Washington, D.C., Federal Geographic Data Committee, 66 p.

Federal Geographic Data Committee, 1998, Part 2, Standards for Geodetic Networks, Geospatial Positioning Accuracy Standards, FGDC-STD-007.2-1998: Washington, D.C., Federal Geographic Data Committee, 9 p.

Federal Geographic Data Committee, 1996, FGDC Standards Reference Model: Reston, Va., Federal Geographic Data Committee, 24 p.

Greenwalt, C.R. and M.E. Schultz, 1968, Principles and Error Theory and Cartographic Applications, ACIC Technical Report No. 96: St. Louis, Mo., Aeronautical Chart and Information Center, U.S. Air Force, 89 p.

National Mapping Division, 1987, Procedure Manual for Map Accuracy Testing (draft): U.S. Geological Survey, Reston, Va.

U.S. Bureau of the Budget, 1947, United States National Map Accuracy Standards: U.S. Bureau of the Budget, Washington, D.C.

Apéndice 3-A.
Estadísticas para exactitud
(Normativa)

COMENTARIOS EXPLICATIVOS:

1. Exactitud horizontal

Sea:

$$RMSE_x = \sqrt{\text{SUM}(x_{\text{data},i} - x_{\text{check},i})^2/n}$$

$$RMSE_y = \sqrt{\text{SUM}(y_{\text{data},i} - y_{\text{check},i})^2/n}$$

donde:

$X_{\text{data},i}$, $Y_{\text{data},i}$ son las coordenadas del punto de prueba "i" en el conjunto de geodatos.

$X_{\text{check},i}$, $Y_{\text{check},i}$ son las coordenadas del punto de prueba en la fuente independiente de mayor exactitud

n es el número de puntos de prueba en el conjunto de geodatos

i es un número entero 1 hasta n

El error horizontal en el punto i se define como:

$$\sqrt{[(x_{\text{data},i} - x_{\text{check},i})^2 + (y_{\text{data},i} - y_{\text{check},i})^2]}.$$

El error horizontal RMSE es:

$$\begin{aligned} RMSE_r &= \sqrt{\text{SUM}((x_{\text{data},i} - x_{\text{check},i})^2 + (y_{\text{data},i} - y_{\text{check},i})^2)/n} \\ &= \sqrt{[RMSE_x^2 + RMSE_y^2]} \end{aligned}$$

Caso 1: Computar Exactitud de acuerdo con NSSDA cuando $RMSE_x = RMSE_y$

$$\text{Si } RMSE_r = \sqrt{2 * RMSE_x^2} = \sqrt{2 * RMSE_y^2}$$

$$= 1.4142 * RMSE_x = 1.4142 * RMSE_y$$

Se presume que los errores sistemáticos han sido eliminados de la mejor manera posible. El factor **2.447** es usado para computar la exactitud horizontal con el nivel estadístico de confianza de 95% si los errores están distribuidos de manera normalizada y son independientes en cada componente x y componente y (Greenwalt and Schultz, 1968). Cuando estas condiciones aplican, la **Exactitud_r**, (**Accuracy_r**) que es el valor de exactitud de acuerdo al NSSDA, deberá ser computado usando la fórmula:

$$Accuracy_r = 2.447 * RMSE_x = 2.447 * RMSE_y$$

$$= 2.447 * RMSE_r / 1.4142$$

$$Accuracy_r = 1.7308 * RMSE_r$$

Caso 2: Aproximación de error estándar circular cuando $RMSE_x \neq RMSE_y$

Si el cociente $RMSE_{min}/RMSE_{max}$ está entre 0.6 y 1.0 (donde $RMSE_{min}$ es el valor más pequeño entre $RMSE_x$ y $RMSE_y$, siendo $RMSE_{max}$ el valor más alto), se puede aproximar el error circular estándar (al intervalo de confianza 39.35%) como: $0.5 * (RMSE_x + RMSE_y)$ (según Greenwalt and Schultz, 1968). Si el error está **distribuido normalmente, es independiente** tanto **en el componente x**, como **en el componente y**, y también **en el error circular estándar**, el valor de exactitud de acuerdo a NSSDA puede ser aproximado mediante la siguiente fórmula:

$$Exactitud_r \sim 2.447 * 0.5 * (RMSE_x + RMSE_y)$$

2.Exactitud vertical

Sea:

$$RMSE_z = \sqrt{SUM(z_{data\ i} - z_{check\ i})^2/n}$$

donde

z data i es la coordenada vertical del i ésimo punto en el conjunto de geodatos.

z check i es la coordenada vertical del ésimo punto de cotejo en la fuente independiente de mayor exactitud

n es el número de puntos cotejados

i es un número entero, desde 1 a n

Se presume que los errores sistemáticos han sido eliminados de la mejor manera posible. Si el error vertical está normalmente distribuido, el factor 1.9600 se aplica para computar el error lineal a un intervalo estadístico de confianza de 95% (Greenwalt and Schultz, 1968). Por tanto, la exactitud vertical, $Exactitud_z$, informada de acuerdo a NSSDA, ha de ser computada usando la siguiente fórmula:

$$Exactitud_z = 1.9600 * RMSE_z$$

Apéndice 3-B
Cálculos de Exactitud Horizontal
(informativo)

Cómputos de Exactitud Horizontal

Los datos para computar exactitud horizontal provienen del borrador National Mapping Program (NMP) Technical Instructions, Procedure Manual for Map Accuracy Testing (National Map Division, 1987). Se cotejaron posiciones en el cuadrángulo topográfico de Crider, Kentucky a escala 1:24,000 contra una solución de triangulación de posiciones tomadas independientemente de la solución usada para la compilación del mapa original y se utilizó una configuración diferente de controles.

Las coordenadas están registradas en el Sistema Estatal de Coordenadas Planas, (zona sur), basado en el Datum Norteamericano de 1927 (NAD27). Las unidades de medida están en pies.

La x (computada) y y (computada) son valores de coordenadas que provienen de la solución de triangulación

La x (mapa) y y (mapa) son valores de coordenadas para las posiciones en el mapa

Se presume que en la tabla 1 los valores $RMSE_x$ y $RMSE_y$ son iguales. Por tanto, el valor de exactitud de acuerdo a NSSDA, al nivel de confianza estadístico de 95%, se computa mediante la fórmula dada en el Caso #1 del Apéndice 3-A (normativa). El valor de exactitud de acuerdo a NSSDA es 35 pies. De 25 puntos cotejados solamente el #103060 tiene un error posicional que excede 35 pies.

En la tabla #2 se usa la fórmula dada en el Caso #2 en el Apéndice 3-A (normativa) para estimar la exactitud cuando el $RMSE_x \neq RMSE_y$. El valor de exactitud de acuerdo a NSSDA, al nivel de confianza de 95% es 35 pies.

Tabla1
Accuracy Calculations for Crider, Kentucky USGS 1:24,000-scale Topographic Quadrangle
RMSE_x = RMSE_y assumed

Number	Description	x (computed)	x (map)	diff in x	squared diff in x (1)	y (computed)	y (map)	diff in y	squared diff in y (2)	(1)+(2)	square root of [(1)+(2)]
10351	T-RD-W	1373883	1373894	11	121	298298	298297	-1	1	122	11.05
10352	T-RD-E	1370503	1370486	-17	289	303727	303747	20	400	689	26.25
10353	RD AT RR	1361523	1361537	14	196	302705	302705	0	0	196	14.00
10354	T-RD-SW	1357653	1357667	14	196	298726	298746	20	400	596	24.41
10355	T-RD-SE	1348121	1348128	7	49	299725	299755	30	900	949	30.81
10356	RD AT RR	1345601	1345625	24	576	309911	309910	-1	1	577	24.02
10357	T-RD-E	1350505	1350507	2	4	318478	318477	-1	1	5	2.24
10358	X-RD	1351781	1351792	11	121	307697	307698	1	1	122	11.05
10359	T-RD-E	1352361	1352379	18	324	311109	311099	-10	100	424	20.59
10360	X-RD	1360657	1360645	-12	144	316720	316761	41	1681	1825	42.72
10361	Y-RD-SW	1368215	1368202	-13	169	309842	309869	27	729	898	29.97
10362	T-RD-W	1370299	1370282	-17	289	316832	316849	17	289	578	24.04
10363	T-RD-S	1373855	1373839	-16	256	319893	319886	-7	49	305	17.46
10364	Y-RD-W	1379981	1379962	-19	361	311641	311633	-8	64	425	20.62
10365	T-RD-E	1378625	1378628	3	9	334995	335010	15	225	234	15.30
10366	T-RD-SE	1374735	1374742	7	49	333909	333922	13	169	218	14.76
10367	T-RD-NW	1370581	1370576	-5	25	324098	324095	-3	9	34	5.83
10368	Y-RD-SE	1359379	1359387	8	64	328690	328691	1	1	65	8.06
10369	T-RD-S	1346459	1346479	20	400	330816	330812	-4	16	416	20.40
10370	T-RD-E	1347101	1347109	8	64	335869	335850	-19	361	425	20.62
10371	T-RD-SE	1350733	1350748	15	225	332715	332725	10	100	325	18.03
10372	T-RD-N	1354395	1354411	16	256	335337	335345	8	64	320	17.89
10373	T-RD-S	1358563	1358570	7	49	335398	335406	8	64	113	10.63
10374	X-RD	1365561	1365574	13	169	333873	333877	4	16	185	13.60
10375	X-RD	1373645	1373643	-2	4	339613	339609	-4	16	20	4.47
sum										10066	
average										402.64	
RMSE _r										20.07	
Accuracy per NSSDA (2.4477 * RMSE _r)										35	

Tabla 2.

Accuracy Computations for Crider, Kentucky USGS 1:24,000-scale Topographic Quadrangle
 $RMSE_x \neq RMSE_y$

Number	Description	x (computed)	x (map)	diff in x	squared diff in x	y (computed)	y (map)	diff in y	squared diff in y
10351	T-RD-W	1373883	1373894	11	121	298298	298297	-1	1
10352	T-RD-E	1370503	1370486	-17	289	303727	303747	20	400
10353	RD AT RR	1361523	1361537	14	196	302705	302705	0	0
10354	T-RD-SW	1357653	1357667	14	196	298726	298746	20	400
10355	T-RD-SE	1348121	1348128	7	49	299725	299755	30	900
10356	RD AT RR	1345601	1345625	24	576	309911	309910	-1	1
10357	T-RD-E	1350505	1350507	2	4	318478	318477	-1	1
10358	X-RD	1351781	1351792	11	121	307697	307698	1	1
10359	T-RD-E	1352361	1352379	18	324	311109	311099	-10	100
10360	X-RD	1360657	1360645	-12	144	316720	316761	41	1681
10361	Y-RD-SW	1368215	1368202	-13	169	309842	309869	27	729
10362	T-RD-W	1370299	1370282	-17	289	316832	316849	17	289
10363	T-RD-S	1373855	1373839	-16	256	319893	319886	-7	49
10364	Y-RD-W	1379981	1379962	-19	361	311641	311633	-8	64
10365	T-RD-E	1378625	1378628	3	9	334995	335010	15	225
10366	T-RD-SE	1374735	1374742	7	49	333909	333922	13	169
10367	T-RD-NW	1370581	1370576	-5	25	324098	324095	-3	9
10368	Y-RD-SE	1359379	1359387	8	64	328690	328691	1	1
10369	T-RD-S	1346459	1346479	20	400	330816	330812	-4	16
10370	T-RD-E	1347101	1347109	8	64	335869	335850	-19	361
10371	T-RD-SE	1350733	1350748	15	225	332715	332725	10	100
10372	T-RD-N	1354395	1354411	16	256	335337	335345	8	64
10373	T-RD-S	1358563	1358570	7	49	335398	335406	8	64
10374	X-RD	1365561	1365574	13	169	333873	333877	4	16
10375	X-RD	1373645	1373643	-2	4	339613	339609	-4	16
				sum	4409				5657
				average	176.36				226.28
				RMSE	13.28				15.04
				$RMSE_{min}/RMSE_{max}$					0.88

Dado a que el valor $RMSE_{min}/RMSE_{max}$ está entre 0.6 y 1.0, la fórmula: $Exactitud_r \sim 2.4477 * 0.5 * (RMSE_x + RMSE_y)$ puede ser usada para estimar la exactitud de acuerdo a NSSDA. Valor de $Exactitud_r \sim 35$ pies.

Apéndice 3-C
Guías para cotejo
(Informativo)

1 Puntos bien definidos. (Well-Defined Points)

Un punto bien definido representa a un elemento por el cual la posición horizontal es conocida con un alto grado de exactitud y posición con respecto al datum geodésico. Para propósitos de cotejo de exactitud, los puntos bien definidos deben ser claramente visibles o recuperables en el terreno, en la fuente independiente de mayor exactitud y en el mismo producto en cuestión. Es posible que los mapas de contornos y datos hipsográficos digitales (elevación), no presenten puntos bien definidos.

Los puntos seleccionados diferirán, dependiendo del tipo de conjunto de datos y la escala final del conjunto de datos. Para mapas y datos vectoriales, los mejores puntos bien definidos serán las intersecciones de vías en ángulos rectos, intersecciones rectas en canales, zanjas, caminos, verjas y tuberías. En ortoimágenes, los mejores puntos bien definidos pueden representar objetos tales como arbustos separados, además de intersecciones en ángulos rectos provenientes de objetos lineales. Otros objetos que pueden ser identificados como “bien definidos” pueden ser puntos cubiertos para acceso a utilidades e intersecciones de aceras, cunetas y canales.

2. Adquisición de datos para la fuente independiente de mayor exactitud

La fuente independiente de mayor exactitud deberá ser adquirida de manera separada de los datos usados en la solución de aerotriangulación u otros procedimientos de producción. Esta fuente independiente deberá ser de la mayor exactitud posible y practicable para la evaluación de la exactitud del conjunto de datos.

Aunque las guías dadas aquí son para mensuras geodésicas, una mensura geodésica es solo una de las muchas maneras de adquirir datos para la fuente independiente de mayor exactitud. Las mensuras geodésicas están diseñadas y ejecutadas usando especificaciones de campo para mensuras geodésicas (Federal Geodetic Control Committee, 1984). La exactitud de los controles geodésicos es evaluada mediante los Estándares para Redes de Controles Geodésicos, parte 2, (Federal Geographic Data Committee, 1998). Para evaluar si la exactitud de la mensura geodésica es suficientemente mayor que el valor de exactitud posicional dado en las especificaciones del producto, compare la exactitud de la Red FGCS (FGCS network accuracy) informada para la mensura geodésica con el valor de exactitud dado por las especificaciones para el conjunto de datos a cotejar.

Otros métodos posibles para usar como fuentes independientes de mayor exactitud son las mediciones en el terreno que utilicen Sistemas Globales de Posicionamiento (GPS), métodos fotogramétricos, además de bases de datos con coordenadas de alta exactitud.

3. Localización del punto de cotejo

Dado a la diversidad de requerimientos para conjuntos de geodatos y mapas, no es realista incluir enunciados que describan la distribución de puntos de cotejo en este estándar. Los productores de mapas y/o datos deben determinar la localización de los puntos de cotejo. Esta sección provee guías para la distribución de los puntos de cotejo.

Los puntos de cotejo pueden ser distribuidos de manera más concentrada en la vecindad de objetos importantes y más dispersos en área de menor interés. Cuando existen datos para una sola porción del conjunto de geodatos, limite la distribución a dicha área. Cuando la distribución de errores sea probablemente no aleatoria, puede ser deseable localizar estos puntos de cotejo de manera que corresponda con la distribución de los errores.

Para un conjunto de datos que cubra un área rectangular del cual se entienda que la exactitud posicional sea uniforme, los puntos de cotejo estén distribuidos de tal manera que estos mantengan **distanciados a intervalos de al menos 10 por ciento de la distancia diagonal** a través del conjunto de datos **y que al menos, el 20 por ciento de los puntos estén localizados en cada cuadrante** del conjunto de datos.

Apéndice 3-D
Otros Estándares de Exactitud
(informativo)

1. Componente de exactitud del error cuadrático de la media Root-Mean-Square Error (RMSE) Component Accuracy

1.1 Relación entre NSSDA (horizontal) y RMSE (x o y)

Partiendo del apéndice 3-A, sección 1, presumiendo que $RMSE_z = RMSE_y$, y el error es normalmente distribuido e independiente en cada componente x y y, $RMSE_x$ y $RMSE_y$ pueden ser estimados desde $RMSE_r$ usando:

$$RMSE_x = RMSE_y = RMSE_r / 1.4142$$

Usando estas mismas presunciones, $RMSE_x$ y $RMSE_y$ puede también ser calculado desde la Exactitud_r, el valor de exactitud de acuerdo con NSSDA:

$$RMSE_x = RMSE_y = Exactitud_r / 2.447$$

1.2 Relación entre NSSDA (vertical) y RMSE (vertical)

Partiendo del Apéndice 3-A, sección 2, si el error vertical es normalmente distribuido, $RMSE_z$ puede ser determinado desde la Exactitud_z vertical informada de acuerdo con NSDDA:

$$RMSE_z = Exactitud_z / 1.9600$$

1.3 Informe de Exactitud RMSE

Anote en el mapa o mapas según descritos en la sección 3.2.3 “Informe de Exactitud” pero sustituya “RMSE” por “exactitud al intervalo estadístico de 95% de confianza”. Para exactitud horizontal, enunciados separados para cada componente RMSE.

Para metadatos sobre geodatos digitales, siga las guías para preparar metadatos en la sección 3.2.3 “Informe de Exactitud” pero sustituya “Root-Mean-Square-Error” por “National Standard for Spatial Data Accuracy” para estos elementos de metadatos (Federal Geographic Data Committee, 1998, Section 2), según sea apropiado a las siguientes características del conjunto de datos:

(Data_Quality_Information/Positional_Accuracy/Horizontal_Positional_Accuracy/Horizontal_Positional_Accuracy_Assessment/Horizontal_Positional_Accuracy_Explanation)

Y/O

(Data_Quality_Information/Positional_Accuracy/Vertical_Positional_Accuracy/Vertical_Positional_Accuracy_Assessment/Vertical_Positional_Accuracy_Explanation)

2. Estándar anterior sobre exactitud de mapas (Former National Map Accuracy Standard (NMAPS))

2.1 Relación entre NSSDA y NMAPS (horizontal)

El NMAPS (US Bureau of the Budget, 1947) establece que el 90 por ciento de los puntos bien definidos (de cotejo) deben estar dentro de un nivel de tolerancia:

- Para mapas a escalas mayores de 1:20,000, la tolerancia horizontal del NMAPS es 1/30 de pulgada (~0.846667mm), medida a la escala de publicación del mapa.
- Para mapas a escalas 1:20,000 o menores, la tolerancia horizontal del NMAPS es 1/50 de pulgada (~0.508mm), medida a la escala de publicación del mapa.

Si el error está distribuido normalmente en cada uno de los componentes x, y, y además, el componente de error para el componente x es igual a, e independiente del error para el componente y, se aplica el factor 2.146 para calcular el error circular a un intervalo de confianza del 90% (Greenwalt and Schultz, 1968). El estándar de exactitud circular (Circular Map Accuracy Standard) (CMAS)) basado en NMAPS es:

$$\begin{aligned} \text{CMAS} &= 2.1460 * \text{RMSE}_x = 2.1460 * \text{RMSE}_y \\ &= 2.1460 * \text{RMSE}_r / 1.4142 \\ &= 1.5175 * \text{RMSE}_r \end{aligned}$$

El CMAS puede ser convertido a la exactitud informada al NSSDA, Exactitud_r , usando las ecuaciones del apéndice 3-A, sección 1:

$$\text{Exactitud}_r = 2.4477 / 2.1469 * \text{CMAS} = 1.1406 * \text{CMAS}$$

Por lo tanto, la exactitud horizontal NMAPS informada de acuerdo a NSSDA es:

1.1406* [S * (1/30")/12"] pies, o 0.0032 * S, para escalas mayores que 1:20,000
 1.1406* [S * (1/50")/12"] pies, o 0.0019 * S, para escalas iguales o menores que 1:20,000

Sistema Métrico:

1.1406* [S * (0.846667mm)/1000] metros, o 0.000846667 * S, para escalas mayores que 1:20,000

1.1406* [S * (0.508mm)/1000] metros, o 0.000508* S, para escalas iguales o menores que 1:20,000

donde S es el denominador de la escala del mapa.

2.2 Relación entre NSSDA y NMAS (vertical).

El NMAS (US Bureau of the Budget, 1947) establece que la tolerancia máxima permitida es la mitad del intervalo de contorno, a todos los intervalos de contornos. Si el error vertical está distribuido normalmente, se aplica el factor 1.6449 para calcular la exactitud a un intervalo de confianza de 90% (Greenwalt and Schultz, 1968). Por lo tanto, el Estándar de Exactitud Vertical (VMAS en inglés) basado en el NMAS se estima mediante la siguiente fórmula:

$$\text{VMAS} = 1.6449 * \text{RMSE}_z$$

El VMAS puede ser convertido a Exactitud_z, (Accuracy_z) exactitud informada de acuerdo al NSSDA, usando las ecuaciones que aparecen en el Apéndice 3-A, sección 2:

$$\text{Accuracy}_z = 1.9600/1.6449 * \text{VMAS} = 1.1916 * \text{VMAS}$$

Por lo tanto, la exactitud vertical informada de acuerdo al NSSDA es $(1.1916)/2 * \text{CI} = 0.5958 * \text{CI}$, donde CI es el intervalo del contorno.

2.3 Informe NMAS

Estas anotaciones en mapas proveen una declaración de cumplimiento con el NMAS, en vez de informar el valor de exactitud. Anote en los mapas, según sea apropiado a las características del conjunto de geodatos:

Este mapa cumple con el NMAS de 1947 para exactitud horizontal

Este mapa cumple con el NMAS de 1947 para exactitud vertical

Este mapa cumple con el NMAS de 1947 para exactitud horizontal y exactitud vertical

En cuanto a geodatos digitales evaluados usando NMAS, siga las guías de preparación de metadatos según aparecen en la sección 3.2.3 “Accuracy Reporting” y sustituya “U.S. National Map Accuracy Standards of 1947” por “National Standards for Spatial Data Accuracy” para dichos elementos de los metadatos (Federal Geographic Data Committee, 1998, Section 2), según sea apropiado a las características del conjunto de datos:

(Data_Quality_Information/Positional_Accuracy/Horizontal_Positional_Accuracy/Horizontal_Positional_Accuracy_Assessment/Horizontal_Positional_Accuracy_Explanation)

Y/O

(Data_Quality_Information/Positional_Accuracy/Vertical_Positional_Accuracy/Vertical_Positional_Accuracy_Assessment/Vertical_Positional_Accuracy_Explanation)

3. Estándares para mapas a gran escala según la Sociedad Estadounidense de Fotogrametría y Teledetección (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, ASPRS)

3.1 Explicación del estándar de ASPRS para mapas a gran escala.

El estándar ASPRS para mapas a gran escala (ASPRS Specifications and Standards Committee, 1990) provee las tolerancias de exactitud para mapas a escala 1:20,000 o mayores “preparados para propósitos especiales o aplicaciones de ingeniería. El RMSE es la estadística utilizada para los estándares de la ASPRS. Dicha exactitud es informada como Clase 1, Clase 2, o Clase 3. La exactitud para componentes horizontal y vertical Clase 1 será discutida a continuación. La exactitud Clase 2 aplica a mapas compilados dentro de los límites del doble del valor RMSE para mapas Clase 1. De manera similar, la exactitud Clase 3 aplica a mapas compilados dentro de los límites del triple del valor RMSE para mapas Clase 1.

3.2 Relaciones entre NSSDA y los estándares de exactitud ASPRS para mapas a gran escala (horizontal)

El estándar de exactitud ASPRS para mapas a gran escala (ASPRS Specifications and Standards Committee, 1990) evalúa la exactitud posicional para el componente x y el componente y de manera individual. La exactitud posicional es informada a escala en el terreno. La tabla 3 muestra los valores RMSE límite planimétricos *en pies* para la Clase 1 asociados con escalas típicas, mientras que la tabla 4 muestra los valores RMSE límite planimétricos *en metros* para la Clase 1 asociados con escalas típicas.

Tabla 3:

Estándares ASPRS para mapas a gran escala

Clase 1: Valores límite RMSE para varias escalas a escala en terreno usando *pies* como unidades de medida.

Clase 1: Exactitud planimétrica, valores RMSE límite <i>en pies</i>	Escala del mapa
0.05	1:60
0.1	1:120
0.2	1:240
0.3	1:360
0.4	1:480
0.5	1:600
1.0	1:1,200
2.0	1:2,400
4.0	1:4,800
5.0	1:6,000
8.0	1:9,600
10.0	1:12,000
16.7	1:20,000

Tabla 4:
Estándares ASPRS para mapas a gran escala
Clase 1: Valores límite RMSE para varias escalas a escala en terreno usando *metros* como unidades de medida.

Clase 1: Exactitud planimétrica, valores RMSE límite <i>en metros</i>	Escala del mapa
0.0125	1:50
0.025	1:100
0.050	1:200
0.125	1:500
0.25	1:1,000
0.5	1:2,000
1.00	1:4,000
1.25	1:5,000
2.50	1:10,000
5.00	1:20,000

Vea la sección 1.1 de este apéndice sobre la relación entre el valor de exactitud horizontal informado de acuerdo al estándar NSSDA y el valor RMSE.

3.3 Relación entre NSSDA y estándares ASPRS para mapas a gran escala (vertical)

La exactitud vertical del mapa es definida por los estándares de exactitud de la ASPRS (ASPRS Specifications and Standards Committee, 1990), como el valor RMSE en términos de la elevación del datum del proyecto, solamente para puntos bien definidos. Vea la sección 1.3 de este apéndice sobre la relación entre exactitud vertical informada de acuerdo a NSSDA y RMSE.

Para mapas Clase 1 que cumplan con los estándares de exactitud ASPRS, el valor límite RMSE se establece a un tercio del intervalo de contorno. Las elevaciones puntuales (spot elevations), se mostrarán en el mapa con un valor RMSE límite de un sexto del intervalo de contorno o menos.

3.4 Informe de exactitud ASPRS para mapas a gran escala

Se le anotará una declaración de cumplimiento a los mapas evaluados de acuerdo a los estándares de exactitud ASPRS para mapas a gran escala, en vez de un valor numérico de exactitud.

Anote la declaración de acuerdo con este estándar:

ESTE MAPA FUE COMPLIADO PARA CUMPLIR EL ESTÁNDAR DE EXACTITUD
ASPRS CLASE (1., 2., 3.)

Anote en los mapas cotejados/verificados y encontrados que cumplen con este estándar:

ESTE MAPA FUE VERIFICADO Y SE ENCONTRÓ QUE CUMPLE CON EL ESTÁNDAR DE EXACTITUD ASPRS CLASE (1., 2., 3.)