



GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS BASES DE DATOS CARTOGRÁFICOS

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR
DIRECCIÓN DE IIDE, NORMALIZACIÓN Y
ARCHIVO NACIONAL



MINISTERIO DE
DEFENSA
NACIONAL



INSTITUTO
GEOGRÁFICO
MILITAR

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. ANTECEDENTES.....	3
2. OBJETIVO.....	3
3. ALCANCE.....	3
4. DEFINICIONES GENERALES.....	3
5. ABREVIATURAS.....	5
6. METODOLOGÍA.....	5
6.1 EL MUESTREO ESTADÍSTICO.....	7
6.1.1 Definición del marco muestral para el bloque fotogramétrico.....	7
6.1.2 Definición del marco muestral para la exactitud posicional (puntos GPS).....	9
6.2 REVISIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD EN CARTOGRAFÍA.....	10
6.2.1 Evaluación Primera Etapa: Exactitud en planimetría y altimetría.....	10
6.2.2 Evaluación Segunda Etapa: Cartografía.....	12
6.3. PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN Y APROBACIÓN DE LOS PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS.....	17
6.3.1 Información requerida para la evaluación.....	17
6.3.2 Categorización de la evaluación de la cartografía.....	17
6.3.2.1 Estándar de Exactitud NMAS.....	18
6.3.2.2 La norma del IPGH.....	19
6.3.2.3 El estándar EMAS.....	19
6.3.2.4 El Estándar ASPRS.....	20
6.3.2.5 El Estándar NSSDA.....	20
6.3.2.6 Las especificaciones de precisión en las instituciones de cartografía.....	20
6.4 LA MATRIZ DE “CATEGORÍAS Y ESPECIFICACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE MAPAS”.....	22



MINISTERIO DE
DEFENSA
NACIONAL



INSTITUTO
GEOGRÁFICO
MILITAR

GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS BASES DE DATOS CARTOGRÁFICAS

1. ANTECEDENTES

El Instituto Geográfico Militar (IGM), de acuerdo con el Artículo 1 de la Ley de la Cartografía Nacional, es la entidad de derecho público y personería, autonomía administrativa y patrimonio propio, orgánica y disciplinariamente subordinado a la Comandancia General de ejército, con sede en la ciudad de Quito tendrá a su cargo y responsabilidad la planificación, organización, dirección, coordinación, ejecución, aprobación y control de las actividades encaminadas a la elaboración de la cartografía nacional y del archivo de datos geográficos y cartográficos del país.

El Art. 44 del Reglamento a la Ley de la Cartografía Nacional, establece que: “los trabajos autorizados de conformidad con el Art. 42 del presente Reglamento, serán supervisados, fiscalizados y aprobados por el Instituto Geográfico Militar”; por lo que es necesario establecer criterios técnicos de generación de información.

2. OBJETIVO

Medir los parámetros de calidad, tomados de las normas internacionales, que permitan categorizar la calidad de la cartografía básica digital, mediante una evaluación numérica y de tolerancias que deben cumplir los documentos cartográficos por el IGM en cumplimiento a las normas cartográficas vigentes aplicadas en su elaboración.

3. ALCANCE

Estos procedimientos se aplican a todos los documentos de cartografía básica digital de acuerdo a sus escalas de generación.

4. DEFINICIONES GENERALES

En este documento se utilizan las siguientes definiciones:

Bloque fotogramétrico: Término usado para describir y caracterizar la información de aerotriangulación asociada total o parcialmente a un proyecto fotogramétrico.

Cartografía base: Es aquella que se obtiene por procesos directos de observación y medición de la superficie terrestre, sirviendo de base y referencia para su uso generalizado como representación gráfica de la Tierra. La cartografía básica puede ser topográfica o náutica.



Catálogo de objetos geográficos: Catálogo que contiene definiciones y descripciones de los tipos de objetos geográficos, atributos del objeto geográfico, y asociaciones de objetos geográficos que ocurren en uno o más conjuntos de datos geográficos, junto con cualquier operación de objetos geográficos que se pueda aplicar.

Calidad: Grado con el que un conjunto de características inherentes cumple los requisitos (Norma ISO 9000).

Compleción: Se relaciona con la presencia o ausencia de objetos presentes en una base cartográfica.

Consistencia lógica: Grado de adherencia a las reglas lógicas de la estructura de los datos, atributos y relaciones (la estructura de los datos puede ser conceptual, lógica o física).

Control de Calidad: Proceso de verificación del cumplimiento de los elementos de calidad definidos en las especificaciones técnicas.

Exactitud: Grado de concordancia entre el resultado de una prueba y el valor de referencia aceptado. (Vocabulario Internacional de términos fundamentales y generales de metrología VIM).

Exactitud posicional: Proximidad del valor de la coordenada respecto al valor verdadero o aceptado en un sistema de referencia especificado.

Exactitud temática: Exactitud de los atributos cuantitativos y corrección de los atributos no cuantitativos y de las clasificaciones de objetos y sus relaciones.

Georreferenciación: Asignar coordenadas geográficas o planas a cualquier objeto en base a un sistema de referencia local nacional o global.

Ortofototo u Ortofotomapa: es una presentación fotográfica de una zona de la superficie terrestre, en la que todos los elementos presentan la misma escala, libre de errores y deformaciones, con la misma validez de un plano cartográfico, se obtiene a partir de las perspectivas de la imagen y se ha rectificado la imagen del terreno según una proyección ortogonal vertical.¹

Posicionamiento estático: Método de medición caracterizado por la ocupación simultánea de dos o más puntos durante un tiempo suficientemente prolongado de tiempo mientras los receptores se mantienen estacionarios en tanto registran los datos.²

Precisión: Medida de la repetitividad de un conjunto de mediciones, se expresa generalmente como un valor estadístico basado en un conjunto de mediciones repetidas, tales como la desviación estándar de la media de la muestra.

Punto de control en el terreno: Punto de la tierra que tiene una posición conocida con precisión

¹ Estándares cartográficos aplicados al catastro. Sistema Nacional Integrado de Información Catastral, Predial -Perú.

² Glosario de términos cartográficos. Universidad de Alicante.



geográfica.

Punto de control en el terreno fotoidentificable: Punto de control en el terreno asociado con una marca u otro objeto en el terreno que puede ser reconocido en una imagen. El punto de control en el terreno puede ser marcado en la imagen, o el usuario puede estar provisto con una descripción inequívoca del punto de control en el terreno para que pueda ser encontrado en la imagen.

Red Geodésica: Conjunto de puntos o vértices enlazados y ajustados que se encuentran ubicados y distribuidos con cierta simetría sobre un espacio terrestre determinado, donde se establece su posición a través de un marco de referencia nacional o global y sirven como referencia para posicionamiento dentro del territorio en mención.

Topología: Propiedades de las formas geométricas que permanecen sin variación cuando las formas se deforman o transforman por expansión, contracción o inclinación (Glosario de Términos CONAGE).

5. ABREVIATURAS

ASCE: American Society of Civil Engineers.

ASPRS: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing

BDG: Bases de datos Geográficas

CONAGE: Consejo Nacional de Geoinformática

EMAS: Engineering Map Accuracy Standard.

ECM: Error Cuadrático Medio

FGDC: Federal Geographic Data Committee

GNSS: Sistema de Posicionamiento Global

IDE: Infraestructura de Datos Espaciales

IPGH: Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

ISO: International Organization for Standardization.

NMAS: National Map Accuracy Standard.

NSSDA: National Standard for Spatial Data Accuracy.

Ph: Precisión horizontal

Pv: Precisión vertical

SIG: Sistema de Información Geográfica

6. METODOLOGÍA

La información geográfica (en la que se incluye la cartografía básica) se caracteriza por tres aspectos fundamentales: su posición espacial mediante coordenadas, por sus atributos y por el tiempo en el que suceden. Esta información, en su forma más simple (mapas de inventario), justifica la generación gráfica de los datos geográficos; de tal manera que, permite contestar tres preguntas importantes para conocer y tomar decisiones sobre cierta realidad: en dónde (ubicación), qué hay (características de los objetos o temáticas) y cuándo (ocurrencia del suceso). Además, es necesario subrayar que la información geográfica tiene propiedades muy



MINISTERIO DE
DEFENSA
NACIONAL



INSTITUTO
GEOGRÁFICO
MILITAR

diferentes a otros tipos de información: volumen, escala, resolución, dinámica; a lo que hay que añadir la propia problemática de su manejo y la existencia de procesos basados en la mezcla de tecnología, informática y procesos manuales. Consecuentemente, las BDG que se generan como modelos de dicha realidad se procura que sean lo más exactos posible; sin embargo, en su proceso de generación intervienen varias fuentes de imprecisión, por ejemplo: esquemas de clasificación, calidad de las imágenes, ejecución del control y clasificación de campo, escala del producto, generación de BDG, etc.

Estos errores pueden clasificarse en las siguientes tipologías (Ariza, 2019):

“Errores groseros. El término «error grosero» es habitual en el ámbito de la Geomática, pero en realidad se trata de una equivocación. Conviene no confundir el error de medida con un error en la producción o un error humano (JCGM, 2012). Estos errores deben ser eliminados de manera previa a cualquier análisis estadístico. En muchos casos proceden de las transcripciones de datos (p.ej. en la copia de cifras numéricas se puede transcribir 75 en lugar de 57). Todos los métodos de trabajo deben estar pensados para eliminar este tipo de equivocaciones.

Errores sistemáticos. Son aquellos que, bien de una manera constante (p.ej. en el tiempo o en el espacio), o siguiendo una función determinada, aparecen afectando los valores medidos. Un ejemplo sencillo es el de una cinta métrica con divisiones centimétricas mal dimensionada. Así, suponiendo que no le afecta ningún parámetro externo (p.ej. temperatura, humedad, etc.), todas las medidas que se realicen estarán afectadas de un error sistemático como consecuencia de aplicar un patrón de medida erróneo. Los errores sistemáticos pueden ser de tipo constante (ejemplo anterior), y afectan a todo el conjunto de mediciones con un mismo valor, o de tipo funcional, de tal manera que son constantes, pero en subconjuntos del conjunto de mediciones. En esta última categoría pueden incluirse, por ejemplo, efectos del terreno, distorsiones locales, etc. Los errores sistemáticos se pueden detectar estadísticamente y es posible corregirlos mediante métodos adecuados.

Errores aleatorios. Son aquellos que ocurren de manera azarosa por el simple hecho de producir datos y tomar medidas. Suelen seguir un modelo estadístico, pero el modelo no tiene que ser único o común, puede ser una mixtura de modelos. Lo usual es que el modelo base sea el Normal, es decir, la distribución de Gauss. Los errores aleatorios deben estar dentro de un margen de variabilidad asumible para el uso del producto. Todos los procesos de producción generan este tipo de errores. Los procesos de producción (métodos, tecnologías, organización, etc.) deben estar convenientemente diseñados para que estos errores no sean inconvenientes. La amplitud de los errores aleatorios se puede evaluar estadísticamente. Un proceso de producción bien diseñado será aquel que es capaz, es decir, que puede mantener la producción bajo control en lo relativo a la producción de este tipo de errores”.

En un primer paso, se verificará el 100% de los elementos de la hoja seleccionada, según las especificaciones establecidas. Sobre la base del total de elementos identificados, se cuantificará el total de errores encontrados en cada hoja y el valor resultante (en %), se colocará en las columnas respectivas de la matriz de “Categorías y normas para evaluación de mapas”.

Para el siguiente paso, se considera que el proceso no persigue el propósito de aprobar o rechazar la cartografía; sino más bien, de medir los errores de ciertos parámetros (ya



establecidos en las especificaciones técnicas) como resultado de la aplicación de la normativa vigente en la producción cartográfica que permitan ubicar al producto cartográfico en una clase con una calificación en función de su evaluación (categorización) y uso de dicha cartografía para las diferentes escalas.

6.1 EL MUESTREO ESTADÍSTICO

Para realizar la evaluación de la calidad, sobre el producto cartográfico, es necesario aclarar que se deben tomar dos unidades estadísticas:

En el primer caso, es decir para el control de calidad de las mediciones de todos los parámetros, salvo la exactitud posicional, se procederá con la consideración de que el bloque fotogramétrico es un universo finito compuesto por N número de hojas (unidades estadísticas), en el que se definirá una parte de dichas hojas para conformar la muestra calculada con la ecuación y los datos que se detallan a continuación:

6.1.1 Definición del marco muestral para el bloque fotogramétrico.

Operativamente, se consideran tres niveles espaciales:

El *primer nivel es el país, que está constituido por la unidad geopolítica*, definida por el espacio nacional continuo sobre el que se distribuyen las hojas a las diferentes escalas (Gráfico 1). Físicamente presenta homogenización regional: Costa, Sierra y Oriente.

El *segundo nivel está constituido por las unidades de muestro que en este caso corresponden a lo que internamente en el IGM se conoce como "bloques fotogramétricos"*. Se encuentran dentro del espacio regional: Costa, Sierra u Oriente; por esta razón, se consideran zonas homogéneas y no es necesario una estratificación.

El *tercer nivel está conformado por las unidades estadísticas*, que en este caso, son las hojas que se encuentran dentro de los bloques fotogramétricos. Constituyen específicamente las unidades en donde se tomarán los datos para la evaluación cartográfica. La elección de las unidades estadísticas a intervenir se obtendrá mediante una cuadrícula de puntos que permite espacializar tomando en cuenta toda el área que cubre el bloque fotogramétrico cuyo proceso se explica más adelante.

Para definir el tamaño de la muestra con un nivel de confianza de 90% ($Z = 1,65$) y un intervalo de confianza del 10% (error = 0,1), se ha considerado que la distribución de los datos sigue una curva normal (consecuentemente entonces el comportamiento de las hojas tomadas como muestra es similar al comportamiento del bloque fotogramétrico); es decir, es unimodal, en donde coinciden las medidas de tendencia central como la moda, la media aritmética y la mediana. Es necesario aclarar que esta consideración constituye una aproximación (probabilidad del 90%); no obstante, ayuda a simplificar muchos problemas como en el presente caso, reduciendo significativamente el número de datos (cartas) que se deben revisar.

Enmarcados dentro de estos valores el siguiente paso es determinar el número de hojas que se deben tomar. Para cumplir con este requerimiento se utilizó la fórmula general que se aplica



MINISTERIO DE
DEFENSA
NACIONAL



INSTITUTO
GEOGRÁFICO
MILITAR

cuando se conoce el valor de la población total o universo (número de hojas del bloque fotogramétrico).

$$n = (NZ^2 \cdot p \cdot q) / ((N-1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot q)$$

En donde:

n = Tamaño de la muestra (en este caso, número de hojas a evaluar).

Z = Nivel de confianza (se encuentra tabulada en tablas).

p = Probabilidad de ocurrencia en la población de las características del estudio.

q = Probabilidad de no ocurrencia en la población de las características del estudio. Es igual a (1 - p).

N = Tamaño de la población (en este caso, número total de hojas).

e = error de estimación; es decir, la diferencia máxima que se puede aceptar entre los datos o medidas de la muestra y los datos o medidas de la población.

Para su aplicación en la cartografía producida, se identifican los siguientes datos:

N = Número de total de hojas

Z = 1,65 (Nivel de confianza = 90%)

e = 0,1 (Intervalo de confianza = 10%). Es el error de estimación; es decir, la diferencia entre el resultado que obtendríamos entre los datos o medidas de la muestra y los datos o medidas en el bloque fotogramétrico que para cartografía es el 10%. = 0,1 o lo que es equivalente al suceso dentro de cada una de las unidades estadísticas; es decir, el error entre el resultado que obtendríamos entre las medidas en los elementos con fallas dentro de cada una de las hojas de la muestra y el total de elementos en cada una de dichas hojas.

Se conoce que, dentro del bloque fotogramétrico, las hojas son homogéneas en cuanto al contenido; por esta razón, tomamos una probabilidad de ocurrencia en la población de las características del estudio de 80%; entonces p=0,8 y consecuentemente q = 0,2.

Con estas consideraciones, se reemplazan los valores en la fórmula indicada, obteniendo para cada caso específico el número de hojas a evaluar:

Para espacializar cubriendo toda el área, se hará un proceso digital. Esta cuadrícula se puede crear en cualquier sistema informático que disponga de un graficador; por ejemplo, el software ArcGis mediante el comando que permite crear cuadrículas lineales y poligonales. Para el efecto, se tomará en cuenta el número total de hojas del bloque fotogramétrico y multiplicando por el área de la hoja (en km²) se obtendrá el área del bloque. Si esta cantidad se divide para el número de hojas de la muestra, entonces se tiene el número de superficies mínimas que abarcarían todo el bloque fotogramétrico. Finalmente, asumimos este valor como el área de un cuadrado y al extraer su raíz cuadrada se obtiene una longitud que representa el lado de cada celda de la malla que se genera en el programa, como se indica en el Gráfico 2.

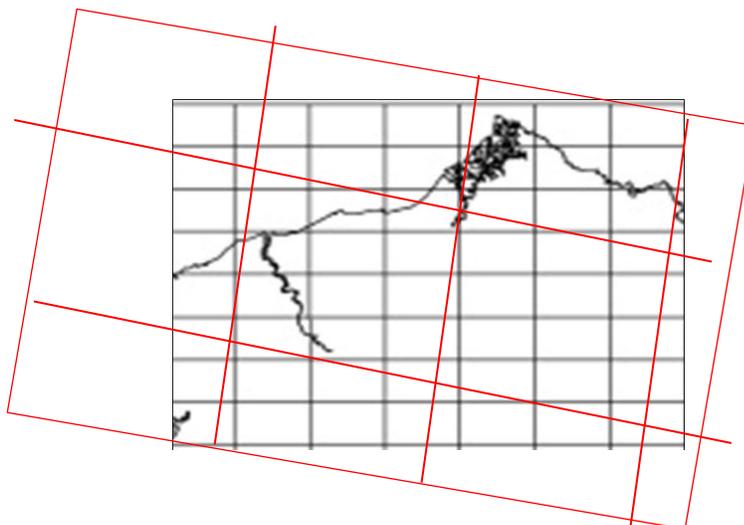


MINISTERIO DE
DEFENSA
NACIONAL



INSTITUTO
GEOGRÁFICO
MILITAR

Gráfico 2. Elección de las hojas a evaluar



Las cartas que se toman para la evaluación son las determinadas por los puntos de intersección de los lados de la malla (color rojo).

6.1.2 Definición del marco muestral para la exactitud posicional (puntos GPS)

En el segundo caso, para la aplicación en la exactitud posicional, en razón de que se tiene un universo infinito de puntos de coordenadas en la hoja que a escala 1:5 000 cubre un área aproximada de 5,2 km², se tomará las pautas que consideran todos los estándares de exactitud (NMAS, ASPRS, EMAS, NSSDA) que hacen referencia a la cobertura terrestre y especifican un mínimo de 20 puntos de control, excepto la ASPRS 2015 que se maneja con una tabla que considera el número de puntos a tomar en función de la superficie del proyecto. Fuera de estas especificaciones, no existe un estándar que determine este tamaño de muestra en relación con la escala, área, precisiones, etc., más bien se puede entender que este número se ha tomado bajo la consideración de ciertos teoremas de la estadística como el teorema central del límite o de los grandes números en los que se indica que para que una muestra sea significativa debe contener como mínimo de 20 encuestas.

Igualmente, la distribución de los puntos en el terreno no está clara; sin embargo, de que existen ciertos criterios encaminados a ayudar a definir estos en el mapa y sus correspondientes en campo. Consecuentemente, en este caso, la ubicación de los puntos sobre el terreno se elegirá (igual al caso anterior) considerando la confección de una malla en el que el lado del cuadrado estará en función del área de la carta y del número de puntos GPS a tomar (25, en consideración de que existe especificaciones que afirman “mínimo 20 puntos”). Estos puntos permitirán en sus entornos más cercanos buscar preferiblemente las intersecciones de vías, aceras, bordillos o canales; así como vértices de viviendas, elementos recomendables dentro de la escala del proyecto.

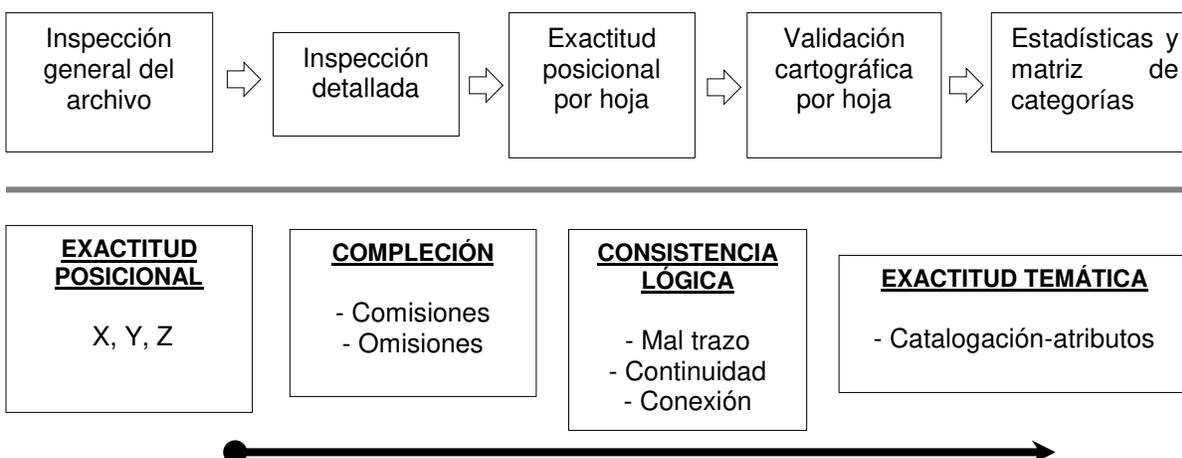


6.2 REVISIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD EN CARTOGRAFÍA

La revisión de estos parámetros para detectar errores, se realizará a toda la información contenida en cada una de las hojas definidas en el muestreo, se analizará por cobertura y entre coberturas, utilizando las herramientas del software GIS.

Es necesario subrayar que se entiende que el producto cartográfico ha pasado el respectivo control de calidad en todo el proceso cartográfico. No obstante, considerando que la evaluación se basa en la identificación de errores aleatorios; si existen inconsistencias repetitivas en las coberturas; así como también, omisiones de coberturas y objetos cuyo requerimiento sea obligatorio en el Catálogo de objetos, el producto será tomado como no apto para la evaluación. Este proceso se indica en el gráfico 3

Gráfico 3. Esquema del proceso de evaluación



6.2.1 Evaluación Primera Etapa: Exactitud en planimetría y altimetría

Se refiere a exactitud de la posición de los datos espaciales en un sistema de referencia. El procedimiento, en general, se realiza mediante dos instancias: (1) Red Geodésica con puntos de control enlazados a la red del IGM, y (2) exactitud posicional de la cartografía. Para el presente caso únicamente se revisará la exactitud posicional de la cartografía que operativamente se encamina a obtener el valor cuantificable que representa la diferencia posicional entre puntos de coordenadas tomados entre dos capas geoespaciales o entre una capa geoespacial y la realidad.

En consideración de la precisión para cartografía a escala 1:25 000, se realizará el método estático rápido (Fast Static). Los levantamientos Estático Rápidos se caracterizan por tiempos de observación cortos, establecidos para longitudes de las líneas base de igual manera lo más cortas posibles.

En términos generales el método Estático Rápido permite obtener precisiones centimétricas relacionadas directamente a la distancia de la línea base, por lo cual para el desarrollo del rastreo de los puntos para la verificación de cartografía base se utilizarán las consideraciones que se



MINISTERIO DE
DEFENSA
NACIONAL



INSTITUTO
GEOGRÁFICO
MILITAR

exponen en la Tabla 1:

Tabla 1. Consideraciones de rastreo de los puntos con el método Estático Rápido

Tipo de posicionamiento	Estático rápido
Longitud máxima de línea base	1 km
Número de satélites enganchados	Mínimo 5
Tiempo de recepción	20 minutos
Ángulo de enmascaramiento	10 grados
GDOP	< 5
Correcto nivelado y centrado de la antena sobre el punto, considerando que el eje vertical de la antena sea perpendicular al centro geométrico del punto a determinarse.	
Correcta orientación de la antena, de forma que señale al norte magnético.	

Una vez finalizada la fase de campo, se verificará en gabinete la exactitud posicional de la cartografía base, como parte de un proceso de calidad que permita confirmar si cumple con los estándares y normas predefinidas; aunque es necesario subrayar que operativamente se trata de la aplicación estándares y no de normas, pues casi ninguno de ellos ha sido desarrollado por una organización de normalización y proceden de asociaciones profesionales o agencias del sector cartográfico principalmente de los Estados Unidos.

Para la evaluación de la cartografía base, se utilizará el test utilizado por las agencias federales en Estados Unidos para cumplir con las normas de la Federal Geographic Data Comitee (FGDC), donde es necesario obtener el residuo, en ambas coordenadas por separado, como resultado de la comparación de las coordenadas de los puntos pre-definidos en gabinete, con coordenadas conseguidas en los mismos puntos con una fuente independiente de mayor precisión (FGDC, 1998), siendo en este caso, los puntos obtenidos en campo con receptores GPS de precisión de doble frecuencia.

El NSSDA utiliza el Error Medio Cuadrático (RMSE) para estimar la exactitud posicional. Corresponde a la raíz cuadrada de la media de los residuos y permite calcular el error de la muestra con un 90% de nivel de confianza.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^2}$$

Es necesario realizar las correcciones pertinentes en los errores groseros en la obtención y procesamiento de datos, así como en las inconsistencias encontradas en los residuos, antes de iniciar el cálculo (FGDC, 1998). Luego de las revisiones, se calcularán los componentes Este (X) y Norte (Y) del RMSE:

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{Carto} - x_{IGM})^2}$$



MINISTERIO DE
DEFENSA
NACIONAL



INSTITUTO
GEOGRÁFICO
MILITAR

$$RMSE_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{Carto} - y_{IGM})^2}$$

Consecuentemente, la componente planimétrica será:

$$RMSE_r = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2}$$

Para el cálculo del coeficiente de exactitud posicional horizontal a un 90% de confianza, se deberán tomar dos consideraciones posibles (FGDC, 1998):

En el caso que $RMSE_x = RMSE_y$ la exactitud se calculará de:

$$\text{Exactitud } r = 1,5175 * RMSE_r$$

Si $RMSE_x \neq RMSE_y$ la exactitud se obtendrá de:

$$\text{Exactitud } r = 2,1460 * 0.5 * (RMSE_x + RMSE_y)$$

De este modo, el valor obtenido como exactitud posicional del producto cartográfico no deberá ser mayor a la exactitud esperada en función del módulo de la escala.

Ejemplo gráfico



Error en posición y magnitud, vectores que no son coincidentes con los detalles de la ortofoto

6.2.2 Evaluación Segunda Etapa: Cartografía

Una vez terminada la primera etapa de la evaluación y presentada la cartografía básica con todos los elementos establecidos según especificaciones técnicas y además, con la memoria técnica y mosaico ortofotográfico, se procederá a la revisión de ésta, de acuerdo a lo que estipula la ISO



MINISTERIO DE
DEFENSA
NACIONAL



INSTITUTO
GEOGRÁFICO
MILITAR

19113 para la calidad de una Base de Datos Geográfica, los mismo que se detallan a continuación:

Compleción: Describe los errores de omisión/comisión en los elementos, atributos y relaciones. Es decir, la presencia en la Base de Datos Geográfica de elementos que no deberían estar presentes o la ausencia de otros que si deberían estarlo.

Consistencia lógica: Adherencia a reglas lógicas del modelo, de la estructura de datos, de los atributos y de las relaciones. En este caso hay un modelo “lógico” cuyas reglas se violan con: valores fuera de dominio, registros que no se adhieren al formato establecido, o relaciones no consideradas en la topología

Exactitud temporal: Se refiere a los aspectos temporales de los datos espaciales, en esta categoría los elementos de la calidad que se consideran son: exactitud de medida de tiempo, consistencia temporal y validez temporal.

Exactitud temática: Corrección de la clasificación, corrección de los atributos cualitativos, exactitud de los atributos cuantitativos. Por tanto, se observan dos niveles distintos de corrección, el de las clases y el de los atributos, con distinción de si éstos últimos son cualitativos o cuantitativos

Cabe puntualizar que la norma permite que, junto a los elementos y subelementos establecidos en ella, y según las necesidades de cada usuario, se proceda a eliminar o definir nuevos elementos y subelementos, en cuyo caso sólo han de cumplir con ciertas limitaciones de coherencia que establece la propia norma. De esta forma, el conjunto de elementos y subelementos indicados en la norma es un conjunto inicial que puede restringirse o extenderse tanto como se requiera, lo cual da gran versatilidad. En el presente caso, dadas las características de tiempo de los proyectos del IGM, la exactitud temporal es un factor que no se tomará en cuenta por no constituir un factor relevante.

Compleción. Revisión de información cartográfica completa, si existen los casos de omisiones o comisiones, es decir, se verifica en el archivo cartográfico entregado a Normalización, la presencia o ausencia de elementos según Catálogo de objetos. Este análisis se lo realizará considerando el insumo y la metodología de extracción de información cartográfica utilizada; es decir:

- Captura de información cartográfica en 3D de los objetos cartográficos a partir de un par estereoscópico, contienen la coordenada Z. (restitución).

Además de las siguientes consideraciones:

- Los errores topológicos de sobreposición identificados en las coberturas serán considerados dentro de la contabilización del total de errores presentes en las muestras tomadas para la evaluación.
- Disponibilidad de información que permita identificar si el objeto existe o no existe dentro del área del proyecto, para lo cual se utilizará como insumos la ortofotografía del proyecto



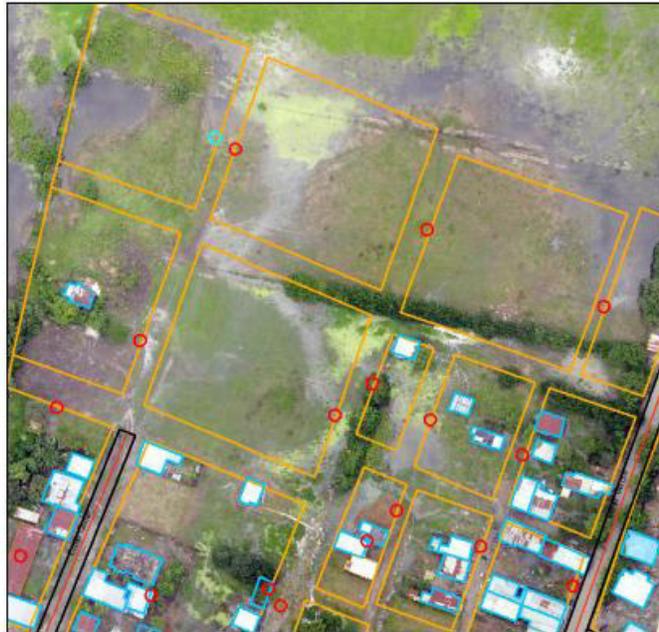
MINISTERIO DE
DEFENSA
NACIONAL



INSTITUTO
GEOGRÁFICO
MILITAR

proporcionada por el proceso Cartográfico del IGM.

Ejemplos:



Comisión de manzanas: no se observan los objetos consolidados en la ortofoto



Omisión de ejes viales, no se observa el trazado (círculos en rojo)

Consistencia lógica. Revisión de adherencia a las reglas topológicas y relación espacial entre los objetos del modelo, su estructura de datos y vectorización.

Exactitud temática. La información cartográfica debe ser exacta, los valores almacenados deben ser correctos; es decir, ser representados y presentados de una forma consistente y sin ambigüedades.

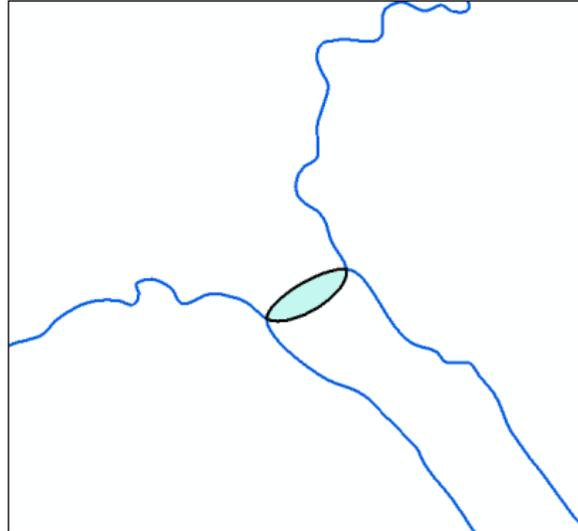


MINISTERIO DE
DEFENSA
NACIONAL



INSTITUTO
GEOGRÁFICO
MILITAR

Ejemplos:



Mal trazo de ríos: se evidencia sobre-posición



Mal trazo: curvas de nivel mal trazadas.



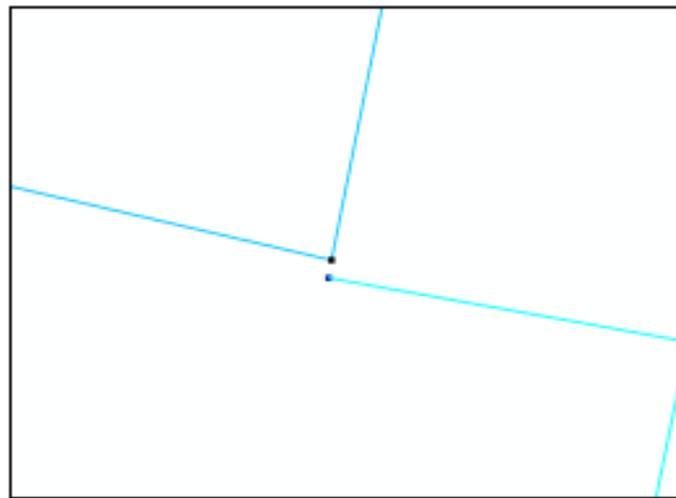
MINISTERIO DE
DEFENSA
NACIONAL



INSTITUTO
GEOGRÁFICO
MILITAR



Falta de continuidad de ríos



Edificaciones desconectadas





MINISTERIO DE
DEFENSA
NACIONAL



INSTITUTO
GEOGRÁFICO
MILITAR

OBJECTID *	Shape *	Shape_Length	Shape_Area
103	Polygon	0.02101	0.000019
101	Polygon	22.281032	18.244212
106	Polygon	44.205083	1.172417
60	Polygon	107.430149	523.004772
109	Polygon	157.961244	157.83803
2	Polygon	182.072967	189.759448
108	Polygon	204.156922	154.827731
62	Polygon	215.552288	190.683195

Error en atributos, longitud de aceras no confiable

6.3. PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN Y APROBACIÓN DE LOS PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS

La revisión es la fase más importante dentro de todo el proceso de producción; consiste en someter a un examen para corregir fallas en el proceso de elaboración cartográfica. Es la manera de verificar que la cartografía elaborada sea correcta, completa y sin errores; no obstante, para la evaluación final no serán considerados los valores que arrojen dichas revisiones; es decir, se realizará una comprobación final, máxime cuando se trata de publicar un producto cartográfico.

6.3.1 Información requerida para la evaluación

Los productos a entregar deben cumplir, inicialmente con la revisión de los insumos presentados y así mismo deben guardar concordancia con lo estipulado en las normas y especificaciones técnicas vigentes a la fecha de evaluación de la cartografía presentada:

- Memoria técnica del trabajo
- Archivo digital de la cartografía

Es necesario considerar que la evaluación se realizará con los documentos que contienen las especificaciones tomadas tanto de especificaciones técnicas regionales, normas internacionales y de organismos vinculados a la producción de mapas.

6.3.2 Categorización de la evaluación de la cartografía

El propósito que se plantea, consiste en generar una matriz resumen que permita evaluar, de acuerdo a tolerancias de precisión e intervalos de confianza, los mapas en sus diferentes escalas; y, jerarquizar y calificar la calidad de la cartografía básica producida como parte final del proceso cartográfico como estipula el manual de "Especificaciones para mapas topográficos" generado por el IPGH



MINISTERIO DE
DEFENSA
NACIONAL



INSTITUTO
GEOGRÁFICO
MILITAR

Parte importante de este desarrollo constituye entonces el análisis para la adopción de los valores de las tolerancias e intervalos y niveles de confianza que se van a considerar los que necesariamente deben ser tomados en consonancia con los que se utilizan en otros países de la región. Para el efecto se han revisado algunos documentos cuyos resúmenes se indican en las siguientes líneas.

6.3.2.1 Estándar de Exactitud NMAS

El Estándar de Precisión del Mapa Nacional de los Estados Unidos, data de 1947 y aunque puede resultar un tanto “anticuado”, su base conceptual puede ser aplicada sobre cualquier valor de tolerancia; además, es necesario subrayar que este estándar (NMAS) también ha servido como apoyo para el método propuesto por el IPGH sobre todo en cuanto a las tolerancias permitidas como se verificará más adelante.

Consiste en un método de control de la calidad por lo que requiere de un muestreo y se basa en el conteo de errores, que no deben superar el 10%, sobre una exactitud horizontal y vertical conocidas que se relacionan directamente con las escalas del mapa. Se refiere a información cartográfica publicada en papel; de ahí la amplitud de las tolerancias permisibles, las mismas que se indican en la tabla 2:

Tabla 2. Tolerancias permisibles

Exactitud horizontal:
<ul style="list-style-type: none"> • 1/30 de pulgada (0,85 mm) para mapas en escalas de publicación mayores que 20 000. • 1/50 de pulgada (0,51 mm) para mapas en escalas de publicación de 20 000 o más pequeñas.
Exactitud vertical:
<ul style="list-style-type: none"> • La mitad del intervalo entre curvas de nivel (0,5 ICN) para todas las escalas de publicaciones.
Error permisible:
<ul style="list-style-type: none"> • Exactitud horizontal: no más del 10 por ciento de los puntos probados tendrán un error superior al establecido por la norma (según la escala). • Exactitud vertical: no más del 10 por ciento de los puntos probados tendrán un error superior al establecido por la norma.

Fuente: USBB (1947). United States National Map Accuracy Standards.



6.3.2.2 La norma del IPGH

El IPGH, en el manual de especificaciones para mapas topográficos (1978), abarca detalladamente este tema, dividiendo la calificación de la cartografía en clases. Esencialmente se basa en el estándar NMAS; no obstante, hace una separación más prolija de los documentos cartográficos en cuanto a la escala del mapa e integra otros parámetros para calificar la calidad en formato de papel, tales como la “Presentación” y “Actualidad”; además plantea una clasificación en base a la categorización y uso del mapa impreso y simbolizado (tabla 3).

Tabla 3. Categorías y normas IPGH

Clase	Categorización	Uso	Planimetría (mm)	Altimetría (mm)	Intervalo de confianza
A	Bueno	Adecuado	-	-	
B	Regular	Utilizable	-	-	
C	Malo	Inadecuado	-	-	
A	Bueno	Adecuado	1,5 M	-	< 10%
B	Regular	Utilizable	5 M	-	< 10%
C	Malo	Inadecuado	> 5 M	Sin curvas de nivel (sombreado)	< 10%
A - 1	Excelente	Adecuado	0,5 M	0,5 ICN	< 10%
A - 2	Bueno	Adecuado	0,5 M	0,5 ICN	< 10%
B - 1	Bueno	Utilizable	1 M	1 ICN	< 10%
B - 2	Regular	Utilizable	1 M	1 ICN	< 10%
C - 1	Malo	Inadecuado	2 M	2 ICN	< 10%
C - 2	Malo	Inadecuado	2 M	2 ICN	< 10%
A - 1	Excelente	Adecuado	25,3 m	0,5 ICN	< 10%
A - 2	Bueno	Adecuado	25,3 m	0,5 ICN	< 10%
B - 1	Bueno	Utilizable	50,6 m	1 ICN	< 10%
B - 2	Regular	Utilizable	50,6 m	1 ICN	< 10%
C - 1	Malo	Inadecuado	> 50,6 m	> 1 ICN	< 10%
C - 2	Malo	Inadecuado	> 50,6 m	> 1 ICN	< 10%

Fuente: Especificaciones para mapas topográficos, IPGH (1978)

6.3.2.3 El estándar EMAS

El Estándar de Precisión del Mapa de Ingeniería (EMAS) fue desarrollado en 1983 y establece un procedimiento estadístico para el control de la exactitud posicional de los mapas impresos. Tiene las siguientes características:

- Es un método de control de la exactitud posicional de los mapas topográficos.
- Contiene valores de tolerancia por escala (no publicados abiertamente).
- Consideración de que se deben tomar como mínimo 20 puntos
- Introduce ciertas normas para la espacialidad de los puntos.
- Integra estimadores estadísticos para las pruebas de errores sistemáticos y comportamiento de la dispersión de los datos.



MINISTERIO DE
DEFENSA
NACIONAL



INSTITUTO
GEOGRÁFICO
MILITAR

6.3.2.4 El Estándar ASPRS

La Sociedad Estadounidense de Fotogrametría y Teledetección (ASPRS), define a la exactitud horizontal del mapa como el error en términos de las coordenadas de levantamiento planimétrico del proyecto (X, Y) para los puntos marcados, determinados a escala completa (en el terreno) del mapa. El error es el resultado acumulado de todos los errores, incluidos los introducidos por los procesos de control de campo, la compilación del mapa y la extracción final de las dimensiones del terreno del mapa. Estipula las exactitudes para mapas “Clase 1”, de acuerdo a lo que se indica en la tabla 4:

Tabla 4. Tolerancias ASPRS

Escala	Planimetría (metros)	Altura (Z)
1: 1 000	0,25	1/6 ICN
1: 2 000	0,50	1/6 ICN
1: 4 000	1,00	1/6 ICN
1: 5 000	1,25	1/6 ICN
1: 10 000	2,50	1/6 ICN
1 : 20 000	5,00	1/6 ICN

Fuente: Manual de estándares ASPRS

Este Estándar también se refiere a valores de exactitud más bajos, indicando que los mapas compilados dentro de límites de errores de dos o tres veces los permitidos para un mapa de Clase 1, se designarán como mapas de Clase 2 o Clase 3 respectivamente. Además, ofrece la libertad de poder usar un mapa que cumpla con una clase de exactitud en la elevación y otro en el plano, permitiendo también exactitudes múltiples en el mismo mapa para lo cual se debe incluir un diagrama que relacione claramente segmentos del mapa con la clase de exactitud del mapa (Manual de estándares ASPRS).

6.3.2.5 El Estándar NSSDA

El Estándar Nacional de Precisión de Datos Espaciales (NSSDA), fue propuesto en 1990. A pesar el ser más difundido y utilizado tiene la particularidad de que no constituye un método para control de la exactitud posicional y por lo tanto no tiene valores de tolerancias específicas.

6.3.2.6 Las especificaciones de precisión en las instituciones de cartografía

En el Ecuador, las especificaciones para planimetría y altimetría se indican en la tabla 5.



Tabla 5. Tolerancias IGM, Ecuador

Precisiones de la cartografía

- **“Planimetría:** Sobre una muestra aleatoria, el 90 por ciento de los puntos representados en la cartografía, no diferirá de la verdadera en $\pm 0,3$ mm por el denominador de escala, el restante no sobrepasará de $\pm 0,4$ mm por el denominador de escala.
- **Altimetría:** Las alturas del 90% de los puntos bien definidos en levantamiento, no diferirá de la verdadera en más de $\frac{1}{4}$ del valor del intervalo de curva de nivel, el 10% restante no excederá del valor del $\frac{1}{2}$ del intervalo de curva de nivel.
- El 90% de los puntos, cuyas cotas se obtengan por interpolación entre curvas de nivel, no diferirán de las verdaderas en más de $\frac{1}{2}$ del intervalo de curva de nivel. El 10% restante no podrá exceder del valor de la equidistancia.
- En áreas cubiertas con vegetación la precisión vertical será de $\frac{1}{2}$ del intervalo de curva más $\frac{1}{2}$ de la altura promedio de la vegetación”.

Fuente: Proyecto obtención de cartografía escala 1:5 000, IGM 2015

Para el IGN del Perú, publicado en el documento: “Especificaciones técnicas para la producción de cartografía básica escala 1:5 000” las tolerancias consideradas para los errores residuales son similares a las de Ecuador:

- “Para Planimetría, la posición del 90% de los puntos bien definidos no diferirá de la verdadera en más de 0,25 mm, y el 10% restante no diferirá en más de 0,30 mm, a la escala del plano impreso
- Para Altimetría, las elevaciones del 95% de los puntos acotados en el mapa digital, no diferirá de la verdadera en más de $\frac{1}{4}$ del valor del intervalo de curva de nivel, el 5% restante nunca excederá del valor de $\frac{1}{2}$ del intervalo de curva de nivel”.

Otros documentos también integran la recopilación de información a nivel regional. El IPGH en la publicación: “Guía para la evaluación de la exactitud posicional de datos espaciales, 2019” presenta un resumen de los valores de tolerancia utilizados en los diferentes países (tabla 6):

Tabla 6. Tolerancias consideradas por algunos países de la región

País	Planimetría		Altimetría	
	Tolerancia (mm)	Nivel de confianza	Tolerancia (mm)	Nivel de confianza
Argentina	0,3 * M	90%	0,5 * ICN	90%
Brasil	0,5 * M	90%	0,5 * ICN	90%
Colombia	0,5 * M	90%	0,5 * ICN	90%
Ecuador	0,3 * M	90%	1/4 * ICN	90%
México	0,35 * M	95%	0,4 * ICN	95%
Perú	0,25 * M	90%	1/4 * ICN	95%
Uruguay	0,25 * M	95%	-	-

M = Denominador de la escala; ICN = Intervalo de curva de nivel



Caso particular constituyen países como Argentina y Brasil que disponen de una clasificación propia para ordenar a los productos cartográficos, de acuerdo a las precisiones alcanzadas en la evaluación.

6.4 LA MATRIZ DE “CATEGORÍAS Y ESPECIFICACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE MAPAS”

La matriz generada como producto de la evaluación y su presentación en el resumen: “Categorías y normas para evaluación de mapas”, que consta en el Anexo 1, ha sido elaborada sobre la base de las experiencias del IGM en el proyecto “Supervisión y fiscalización de cartografía a escala 1: 1 000 con fines catastrales”; los argumentos expuestos por las diferentes sociedades de estandarización; la información de otros institutos geográficos de la región; y, publicaciones técnicas referidas a esta temática.

Para el efecto se han tomado las siguientes consideraciones:

- Se tomó como información base, con todas sus definiciones la matriz de “**Categorías y normas para evaluación de mapas**” presentada en el manual de especificaciones para mapas topográficos del IPGH (1978). No obstante, observando que esta matriz fue preparada esencialmente para mapas simbolizados e impresos, se integró los **elementos de la calidad que constan en la ISO 19113** para cartografía digital y Base de Datos. Además, **se suprimió la clase correspondiente a C – 2** tanto para los mapas a escala grande (mapas urbanos) como para los mapas a escala grande y mediana (cartas 1: 25 000 hasta 1: 250 000), por tener igual definición que la clase C – 1.
- Se mantienen todas las definiciones para los rangos que contemplan las escalas “Menor a 1: 1 000 000” y “1: 600 000 – 1: 1 000 000”, debido a que estos constituyen mapas expeditivos o de reconocimiento y normalmente requieren simbolización e impresión.
- Se mantiene, con igual definición, las tolerancias para los rangos que contemplan la cartografía a “Escala grande y mediana” y “Escala grande (mapas urbanos)”; excepto el valor del límite inferior que es de $0,3 * M$ para la planimetría y de $\frac{1}{4}$ del intervalo de la curva de nivel.
- Para la definición de los intervalos correspondientes a las diferentes clases, en lo que se refiere a exactitud posicional, se procedió a tomar como límite inferior (Clase A) el valor que consta en las normas cartográficas del IGM; por ejemplo para la escala 1:5 000: $\leq 0,3 * M$; $\leq 1,25 * ICN$ y para el límite superior (Clase C), un valor que se encuentre en el límite de las establecidas para la siguiente escala; es decir: $< 0,6 * M$; $< 2,50 * ICN$ que corresponderían a la escala 1: 10 000. El valor medio que atañe a la Clase B se encuentra en el punto medio de estos dos extremos.
- La tolerancia (mm), es el error convencionalmente aceptado internacionalmente. No es un valor promedio; por lo tanto, no debe considerarse a este valor \pm un error o una dispersión, sino como un intervalo cuyo límite inferior es abierto hacia la derecha y un límite superior cerrado; por ejemplo, para el caso de la clase A – 1 el intervalo es: $0 < X \leq 0,3 * M$.



MINISTERIO DE
DEFENSA
NACIONAL



INSTITUTO
GEOGRÁFICO
MILITAR

Anexo 1: CATEGORÍAS Y ESPECIFICACIONES PARA EVALUACIÓN DE MAPAS (CARTOGRAFÍA DIGITAL)

Clase	Categorización	Uso	Exactitud posicional		Compleción		Consistencia lógica			Exactitud temática	Requiere revisión	Publicación
			Planimetría (mm)	Altimetría (mm)	Comisiones	Omisiones	Mal trazo	Continuidad	Conexión	Catalogación- atributos		
Escala pequeña: Menor a 1: 1'000 000 (escala estándar 1: 2'000 000)												
A	Bueno	Adecuado	-	-	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	No	Si
B	Regular	Utilizable	-	-	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	Si*	Si**
C	Malo	Inadecuado	-	-	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	Si*	No
Escala pequeña: 1: 600 000 – 1: 1'000 000 (escalas estándar 1:500 000 y 1:1'000 000)												
A	Bueno	Adecuado	≤ 1,5 M	-	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	No	Si
B	Regular	Utilizable	≤ 5 M	-	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	Si*	Si**
C	Malo	Inadecuado	> 5 M	sombreado	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	Si*	No
Escala grande y mediana: 1:25 000 – 1: 600 000 (escalas estándar 1:25 000 -1:50 000 y 1:100 000 – 1: 250 000)												
A - 1	Excelente	Adecuado	≤ 0,3 M	≤ 0,25 ICN	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	No	Si
A - 2	Bueno	Adecuado	≤ 0,45 M	≤ 0,38 ICN	≤ 15%	≤ 15%	≤ 15%	≤ 15%	≤ 15%	≤ 15%	Si*	Si**
B - 1	Bueno	Utilizable	≤ 0,45 M	≤ 0,38 ICN	< 25%	< 25%	< 25%	< 25%	< 25%	< 25%	Si*	Si**
B - 2	Regular	Utilizable	< 0,6 M	< 0,50 ICN	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	Si*	No***
C - 1	Malo	Inadecuado	≥ 0,6 M	≥ 0,50 ICN	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	Si*	No
Escala grande (mapas urbanos): escala mayor a 1: 25 000 (Escala estándar 1: 12 500)												
A - 1	Excelente	Adecuado	≤ 0,3 M	≤ 0,25 ICN	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	No	Si
A - 2	Bueno	Adecuado	≤ 0,45 M	≤ 0,38 ICN	≤ 15%	≤ 15%	≤ 15%	≤ 15%	≤ 15%	≤ 15%	Si*	Si**
B - 1	Bueno	Utilizable	≤ 0,45 M	≤ 0,38 ICN	< 25%	< 25%	< 25%	< 25%	< 25%	< 25%	Si*	Si**
B - 2	Regular	Utilizable	< 0,6 M	< 0,50 ICN	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	Si*	No***
C - 1	Malo	Inadecuado	≥ 0,6 M	≥ 0,50 ICN	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	Si*	No

M=Módulo de la escala: ICN= Intervalo de curva de nivel.

*Se requiere revisión para subir de clase.

** Se recomienda publicar la cartografía con las respectivas indicaciones y aclaraciones para el mejor uso de la cartografía

*** No se recomienda publicar porque existen errores considerables en exactitud y en cartografía, pero se puede entregar la información personalmente bajo pedido de un usuario específico

Adecuado, indica que el mapa satisface las necesidades del usuario

Utilizable, indica que el mapa es deficiente pero capaz de ser usado en ciertos casos.

Inadecuado, indica que el mapa no es de confianza y se debe usar con precaución

Fuente: Realizado en base a las "Especificaciones para la producción de mapas topográficos", IPGH (1978)

CONOCE MÁS SOBRE NUESTROS PRODUCTOS Y
SERVICIOS A TRAVÉS DE NUESTROS CANALES DIGITALES.



@GEOGRAFICOMILITARECUADOR



@IGM_ECUADOR



INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR

QUITO: Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño. Sector El Dorado

TELEFONO: 593-2 3975100 al 130

GUAYAQUIL: Av. Guillermo Pareja #402 Ciudadela La Garzota

TELEFONO: 593-4 2627597-262782

ESTACIÓN COTOPAXI: Panamericana Sur Km. 65, Páramo de Romerillos
entrada Parque Nacional de Recreación El Boliche

TELEFONO: 593-3 3700271

www.igm.gob.ec/www.geoportaligm.gob.ec