

REGISTRO OFICIAL[®]

ÓRGANO DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR



INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

RESOLUCIÓN No.
IGM-IGM-2026-0064-R

SE APRUEBAN LOS PROTOCOLOS DE
FISCALIZACIÓN DE INFORMACIÓN
GEOESPACIAL Y ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS PARA PRODUCTOS
CARTOGRÁFICOS

Resolución Nro. IGM-IGM-2026-0064-R

Quito, D.M., 24 de julio de 2026

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

HUGO FERNANDO AVILÉS LEÓN
CRNL. EMC.
DIRECTOR

CONSIDERANDO:

Que, la Constitución de la República del Ecuador, en su artículo 18, dispone que todas las personas, de forma individual o colectiva, tienen derecho a acceder libremente a la información generada en entidades públicas o privadas que manejen fondos del Estado o realicen funciones públicas;

Que, el artículo 4 de la Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública define a la información pública como: *“Todo tipo de dato en documentos de cualquier formato, final o preparatorio, haya sido o no generada por el sujeto obligado, que se encuentre en poder de los sujetos obligados por esta Ley, contenidos, creados u obtenidos por ellos, que se encuentren bajo su responsabilidad y custodia o que se hayan producido con recursos del Estado”*;

Que, el literal a) del artículo 5 de la norma ibidem, así como las Políticas de la Geoinformación del Consejo Nacional de Geoinformática, señalan que todas las instituciones custodias de información pública deben garantizar el acceso a su información, salvo que esta sea declarada reservada o confidencial;

Que, el artículo 7 de la Ley *ut supra* dispone que: *“El derecho de acceso a la información pública comprende el derecho a buscar, acceder, solicitar, investigar, difundir, recibir, copiar, analizar, reprocesar, reutilizar y redistribuir información. Toda la información producida, obtenida, adquirida, transformada o en posesión de los sujetos obligados es pública y accesible a cualquier persona en los términos y condiciones establecidos en la presente Ley, la normativa vigente y en los instrumentos internacionales aprobados y ratificados por el Estado ecuatoriano (...)”*;

Que, el Código Orgánico Administrativo en el artículo 11 establece como un principio de las actuaciones administrativas la planificación, que se llevará a cabo sobre la base de la ordenación de recursos, determinación de métodos y mecanismos de organización; adicionalmente el artículo 128 del mismo cuerpo legal define al acto normativo de carácter administrativo como toda declaración unilateral efectuada en ejercicio de una competencia administrativa que produce efectos jurídicos generales, que

no se agota con su cumplimiento y de forma directa;

Que, la Ley de Cartografía Nacional en su artículo 1 determina que: *“El Instituto Geográfico Militar (IGM) entidad de derecho público y personería jurídica, autonomía administrativa y patrimonio propio..., 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.”*;

Que, el artículo 23 de la Ley de la Cartografía Nacional establece que: *“Los trabajos cartográficos autorizados de conformidad con el artículo 19 serán supervisados, fiscalizados y aprobados por el Instituto Geográfico Militar”*;

Que, el artículo 1 del Reglamento a Ley de la Cartografía Nacional señala que es competencia y responsabilidad del IGM la planificación, organización, dirección, coordinación, ejecución, aprobación y control de las actividades tendientes a la elaboración de la Cartografía Nacional y el Archivo de Datos Geográficos;

Que, el artículo 8 del Reglamento a la Ley ya citada prescribe que: *“Los documentos cartográficos tienen por objeto representar la realidad geográfica del territorio, sujetándose a normas y especificaciones aceptadas internacionalmente”*;

Que, el Instituto Geográfico Militar conforme las facultades que le otorga la Ley de la Cartografía Nacional y su Reglamento, genera cartografía base a nivel Nacional con las especificaciones establecidas en las normas nacionales e internacionales observando las directrices de los organismos como son IPGH, NGA, MGCP, para lograr homogenizar la información cartográfica a escalas grandes como las 1: 1000 y 1: 5000, con protocolos de fiscalización y especificaciones técnicas cuya estructura y contenido se basan en las normas ISO: 19110, ISO 19126, ISO 19135 e ISO 19157;

Que, con oficio Nro. IGM-DINAN-2026-0008-OF de fecha 12 de enero de 2026, el Director de IIDES, Normativa y archivo Nacional del IGM, solicitó al señor Director del IGM se genere Resolución para aprobar y publicar los protocolos y especificaciones técnicas de los siguiente instrumentos técnicos: 1. Fiscalización de Modelos Digitales de Terreno, Modelos Digitales de Superficie y Curvas de Nivel, 2. Protocolo de fiscalización para la exactitud posicional en la componente vertical para productos cartográficos y 3. Protocolo supervisión de vuelo;

Que, del Informe DINAN-INF-2026-003 suscrito electrónicamente el 9 de enero de 2026 elaborado por el Ing. Rainiero Estrella, Evaluador Cartográfico y aprobado por el Mayo E. Julio Cevallos, Director de la Dirección de IIDE, Normativa y Archivo Nacional del IGM recomienda: *“(...) emitir una resolución administrativa interna y de aplicación externa, que respalde y formalice el uso obligatorio de los protocolos “Fiscalización de*

Modelos Digitales de Terreno, Modelos Digitales de Superficie y Curvas de Nivel”, “Protocolo de fiscalización para la exactitud posicional en la componente vertical para productos cartográficos” y “Protocolo supervisión de vuelo”.

Que, el literal b) del artículo 12 de la Ley de la Cartografía Nacional dispone que el Director del IGM, es quien planifica las actividades cartográficas del país para llevarlas a conocimiento de los organismos interesados; y,

Que, conforme lo dispuesto en la normativa ampliamente citada y con los sustentos técnicos que son parte integrante del presente acto administrativo normativo, en calidad de representante legal del IGM;

En uso de las atribuciones legales, de que se halla investido

RESUELVE:

Art.-1. Aprobar los Protocolos de Fiscalización de Información Geoespacial y Especificaciones Técnicas para Productos Cartográficos correspondientes a los siguientes documentos, los cuales pasan a formar parte integrante de la presente Resolución:

- Fiscalización de Modelos Digitales de Terreno, Modelos Digitales de Superficie y Curvas de Nivel.
- Protocolo de Fiscalización para la Exactitud Posicional en la Componente Vertical para Productos Cartográficos.
- Protocolo Supervisión de Vuelo.

Art.- 2. La presente Resolución entrará en vigencia a partir de su publicación en el Registro Oficial, lo que deberá ser ejecutado por la Dirección de Asesoría Jurídica del IGM.

Art.- 3. Disponer a la Dirección de IIIDE, Normalización y Archivo Nacional la publicación de la presente Resolución, así como de los protocolos y especificaciones técnicas aprobados, en el Geoportal Institucional del Instituto Geográfico Militar.

Art.- 4. Del cumplimiento de la presente Resolución, encárguese el Subdirector, Director de IIIDE Normativa y Archivo Nacional, Director Cartográfico, Director Geográfico-Geomatica y Direcciones involucradas del IGM.

Art.- 5. Los protocolos y especificaciones técnicas aprobados mediante la presente Resolución podrán ser revisados, actualizados o complementados cuando las

Direcciones sustantivas del Instituto Geográfico Militar lo consideren necesario, en función de avances tecnológicos, actualización de estándares internacionales o requerimientos institucionales, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 1 de la Ley de Cartografía y el artículo 8 de su Reglamento.

Art.- 6. Se deroga cualquier otra Resolución interna que se oponga a la presente.

COMUNÍQUESE Y CÚMPLASE.-

Documento firmado electrónicamente

Crnl. de E.M.C. Hugo Fernando Avilés León
DIRECTOR DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

Referencias:

- IGM-DINAN-2026-0008-OF

Anexos:

- Informe motivado para legalización nuevos protocolos
- protocolo_supervision_de_vuelo-signed0455823001768244986-signed0071930001784580108.pdf
-
rotocolo_fiscalizacion_mdt_mds_curvas_nivel_-signed0033286001768244986-signed0540484001784580108.pdf
-
_fiscalizacion_exactitud_posicional_vertical-signed0537295001768244985-signed0996759001784580108.pdf

Copia:

Señorita Doctora
Marianela Bonifaz
Directora Jurídica

ml/mb





MINISTERIO DE
DEFENSA
NACIONAL



INSTITUTO
GEOGRÁFICO
MILITAR

PROTOCOLO SUPERVISIÓN DE VUELO

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

Elaborado por:

DIRECCIÓN CARTOGRÁFICA

**DIRECCIÓN DE IIDES, NORMATIVA Y ARCHIVO NACIONAL
CARTOGRÁFICO Y GEOGRÁFICO**

Versión 1.0

OCTUBRE 2025

CONTENIDO

1. ANTECEDENTES	
2. OBJETIVO	
3. ALCANCE	
4. DEFINICIONES GENERALES	
5. INTRODUCCIÓN	
6. CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA SUPERVISIÓN DE VUELO	
7. PROCEDIMIENTO PARA LA SUPERVISIÓN DE VUELOS.....	

PROTOCOLO SUPERVISIÓN DE VUELO

1. ANTECEDENTES

- **Ley de la Cartografía Nacional**

Art. 19.- El Instituto Geográfico Militar, autorizará a personas naturales que posean título de Ingeniero Geógrafo, o a las personas jurídicas que tengan entre sus integrantes uno o más ingenieros de la misma especialidad, la realización de trabajos cartográficos, de conformidad con lo dispuesto en el Reglamento a esta Ley.

Así mismo, autorizará a personas naturales o jurídicas extranjeras, previo dictamen del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas, que cumplan con los requisitos técnicos indicados y acrediten solvencia económica, la ejecución de trabajos de toma de fotografía aérea, realización de levantamientos fotogramétricos y otros relacionados con la cartografía.

Art. 23.- Los trabajos cartográficos autorizados de conformidad con el Art. 19, serán supervisados, fiscalizados y aprobados por el Instituto Geográfico Militar.

- **Reglamento a la Ley de la Cartografía Nacional**

Art. 44. SUPERVISIÓN: Los trabajos autorizados de conformidad con el Artículo 42 del presente Reglamentos, serán supervisados, fiscalizados y aprobados por el Instituto Geográfico Militar cuyo costo será cubierto por la persona natural o jurídica ejecutora del trabajo.

- **Estatuto orgánico de gestión organizacional**

Codificación del Estatuto orgánico de gestión organizacional por procesos del Instituto Geográfico Militar, publicado en el Registro Oficial - Segundo Suplemento N° 481, el 19 de enero de 2024.

- **Recursos Técnicos IGM escala 1: 1.000 y 1:5.000**

1. Especificaciones técnicas para la producción de Cartografía Base con fines catastrales a escala 1: 1.000 y 1: 5.000 – versión más actualizada
2. Protocolo fiscalización cartografía 1: 1.000 y 1:5.000 – versión más actualizada
3. Guía de Extracción Catastral 1: 1.000 y 1:5.000
4. Catálogo de Objetos con fines catastrales 1: 1.000 y 1:5.000

2. OBJETIVO

Establecer los lineamientos para la supervisión de vuelos realizados con sensores remotos por parte de terceros, con el fin de asegurar el cumplimiento de los parámetros operativos, cobertura, y especificaciones técnicas requeridas para la generación de productos cartográficos de calidad.

3. ALCANCE

Estos lineamientos deben ser aplicados por todas las personas naturales o jurídicas, autorizadas por la Ley de la Cartografía Nacional, que elaboran actividades de cartografía.

4. DEFINICIONES GENERALES

Los términos empleados en estas especificaciones que se exponen a continuación, corresponden a las definiciones que se encuentran en diferentes fuentes de información; entre las cuales se pueden mencionar:

- 1) Vocabulario Internacional de términos fundamentales y generales de metrología (VIM)
- 2) Glosario de Términos Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE)
- 3) Glosario de términos cartográficos de la Universidad de Alicante
- 4) Glosario de términos cartográficos de la Universidad de Buenos Aires

Calidad: Grado con el que un conjunto de características inherentes cumple los requisitos exigidos por el cliente.

Cartografía: Es el arte y la ciencia de hacer, analizar, estudiar y comprender todo tipo de mapas.

Cartografía base con fines catastrales: Es cartografía que contiene elementos fundamentales con la precisión necesaria para la elaboración e implementación de catastros multifinalitarios de áreas urbanas.

Drone: también conocido como vehículo aéreo no tripulado (VANT), es un dispositivo volador que se controla de forma remota o que puede volar de manera autónoma mediante software de control. Los drones pueden ser de diferentes tamaños y capacidades, y se utilizan en una variedad de aplicaciones como fotografía aérea, vigilancia, monitoreo ambiental, entrega de paquetes, y en la industria agrícola, entre otros. Los drones suelen estar equipados con cámaras, sensores o herramientas especializadas para cumplir con tareas específicas, y pueden ser operados por un piloto a distancia o realizar vuelos programados de manera autónoma utilizando sistemas de navegación GPS y software de control.

Fotografía aérea: Fotografía de una parte de la superficie terrestre realizada por la técnica de la fotografía aérea con el objetivo de obtener información o medidas de las entidades geográficas, para finalidades cartográficas y análisis de medida.

Plataformas fotogramétricas: son sistemas o estructuras utilizadas para la captura de imágenes o datos fotográficos con el propósito de crear modelos tridimensionales o realizar mediciones precisas del entorno. Estas plataformas están equipadas con cámaras u otros sensores y se utilizan en la fotogrametría, que es la técnica que permite obtener información sobre el tamaño, forma y ubicación de objetos a partir de fotografías o imágenes.

Supervisión de vuelo fotogramétrico: consiste en monitorear y controlar las operaciones de vuelo destinadas a capturar imágenes aéreas para crear mapas o modelos. Implica planificar la ruta, verificar el funcionamiento de los equipos, asegurar la calidad de las imágenes y mantener la seguridad durante el vuelo. Esta supervisión garantiza que los datos recolectados sean precisos y adecuados para su posterior procesamiento. Para que un vuelo fotogramétrico sea relacionado con el terreno cuya cartografía trata de hacerse.

5. INTRODUCCIÓN

La supervisión de vuelos con sensores remotos constituye un componente esencial en la generación de información geoespacial confiable y de calidad. En el marco de la Ley de la Cartografía Nacional y su Reglamento, el Instituto Geográfico Militar (IGM) es la entidad responsable de garantizar que los trabajos cartográficos realizados por terceros se ejecuten bajo parámetros técnicos estandarizados, asegurando su validez y utilidad para fines oficiales.

Este protocolo establece los lineamientos que orientan la supervisión técnica de los vuelos fotogramétricos y de otras plataformas aéreas, con el objetivo de verificar el cumplimiento de las especificaciones operativas, la adecuada planificación de las misiones, la correcta captura de imágenes y la coherencia de los datos obtenidos con los requerimientos cartográficos nacionales. Asimismo, define las responsabilidades de los supervisores, las condiciones bajo las cuales se desarrolla el acompañamiento en campo y gabinete, y los mecanismos de control y reporte de observaciones.

La correcta aplicación de este documento permite estandarizar procedimientos, garantizar la transparencia en la ejecución de proyectos cartográficos y fortalecer la gestión institucional del IGM como ente rector de la cartografía oficial del país. De este modo, se contribuye a la generación de productos cartográficos precisos, consistentes y alineados con las necesidades de planificación territorial, gestión de riesgos, catastro, defensa y otros ámbitos estratégicos del Estado.

6. CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA SUPERVISIÓN DE VUELO

- El IGM revisará el 100% del área del proyecto declarada. En caso de que la planificación del vuelo presentada por el contratante supere los 8 días calendario, se evaluará la posibilidad de fragmentar el acompañamiento, quedando esta decisión a consideración del IGM.
- El vuelo no podrá realizarse sin la presencia del supervisor designado por el IGM. Sin embargo, en casos excepcionales y debidamente justificados, el contratante podrá adelantar parcialmente el vuelo, siempre que informe al IGM sobre los días en los que no estuvo acompañado, adjuntando la documentación evidenciable como: archivo del vuelo (líneas de vuelo tomadas) y fotografías del avance del proyecto correspondiente.
- El consultor podrá suspender la supervisión por única vez, únicamente si justifica su requerimiento mediante un documento oficial que acredite el impedimento, un informe de condiciones meteorológicas adversas o la ocurrencia de un caso fortuito o de fuerza mayor, que impida la ejecución del vuelo.
- El contratante deberá notificar al IGM la fecha de inicio de la supervisión con al menos 10 días laborables de antelación.
- El contratante asumirá todos los costos de movilidad del supervisor desde el inicio hasta la finalización de la supervisión.
- La supervisión de vuelo se considerará finalizada y el contrato podrá ser liquidado una vez que el contratante haya entregado los resultados finales de la información capturada en territorio (datos procesados del vuelo), conforme a lo establecido en los artículos 42 y 45 del Reglamento de la Ley de Cartografía, en un plazo máximo de 90 días calendario.
- De acuerdo con el artículo 55 del Reglamento de la Ley de Cartografía, el IGM podrá utilizar la información y los documentos geográficos generados por terceros que se encuentren en el Archivo de Datos Geográficos y Cartográficos del país, con excepción de aquellos vinculados a zonas de seguridad nacional, los cuales están sujetos a disposiciones específicas. Dicha información podrá ser empleada por el IGM con fines técnico-científicos y para satisfacer las necesidades del país.

7. PROCEDIMIENTO PARA LA SUPERVISIÓN DE VUELOS

1. **Revisión de información por parte del supervisor:** El supervisor designado revisa la siguiente documentación:
 - a) **Información preliminar:**
 - Términos de Referencia (TDR)
 - Denuncia del Proyecto
 - Contrato entre el contratante y la institución requirente
 - Pliegos del contrato (si aplica)
 - Área declarada en formato *shp*
 - b) **Información legal:**
 - Lista de verificación (*checklist*)
 - Ficha de contrato
 - Contrato con el IGM
 - Cotización del IGM
 - Oficios enviados y recibidos entre el IGM y el contratante
 - c) **Información geográfica:**
 - Revisión de todos los datos descritos en la lista de verificación (*checklist*).
 - Revisión del cronograma de actividades y planificación del vuelo, preferiblemente en formato vectorial¹.
2. **Preparación en gabinete para vuelos en plataformas tripuladas:** Si la supervisión se realiza mediante plataformas aéreas tripuladas (aviones, avionetas o helicópteros), el supervisor, desde gabinete, deberá cargar en un receptor GNSS navegador, en un Sistema de Información Geográfica (SIG) o en cualquier software compatible, el área declarada y las líneas de vuelo entregadas por el contratante, en formato *SHP* o en *aquel que resulte operativo con la herramienta utilizada*.
3. **Notificación de observaciones:** Una vez revisada la información, si el supervisor encuentra observaciones, remite por correo electrónico a DINAN a través de la dirección: *normalizacion.fiscalizacion@geograficomilitar.gob.ec*
4. **Coordinación de la salida de campo:** El supervisor se comunicará con el contratante para coordinar la logística de la supervisión en campo.
5. **Supervisión en campo:** Durante la supervisión en campo, el supervisor se reunirá con el piloto y la tripulación, a fin de verificar los aspectos correspondientes al

¹En caso de existir información con diferentes fechas de entrega por parte del contratante, DINAN almacenará dicha información de acuerdo con las fechas correspondientes.

proceso de supervisión, tanto en el caso de plataformas tripuladas como no tripuladas:

a) Trackeo en la plataforma aérea:

- Si el contratante emplea una plataforma aérea, el supervisor deberá utilizar un receptor GNSS navegador, un SIG o cualquier software que permita verificar que las áreas intervenidas coincidan con las declaradas en la planificación del vuelo, obteniendo para ello la ruta o el registro (trackeo) del mismo. Asimismo, se deberán emplear herramientas web que permitan realizar el seguimiento de la plataforma aérea mediante su matrícula, tales como:
 - AirNav Radar: <https://es.airnavradar.com/@38.54962,-98.13278,z9>
 - Flighaware: <https://es.flightaware.com/>
 - Flightradar 24: <https://www.flightradar24.com/-0.36,-78.89/10>
- El supervisor realizará el seguimiento (trackeo) de la plataforma aérea mediante el uso de un receptor GNSS navegador, siempre que la capacidad operativa de la aeronave lo permita. En caso contrario, se empleará alguna de las herramientas web mencionadas para efectuar el control del vuelo.
- Este punto no es aplicable al uso de drones.

b) Recolección de información:

- Recepción diaria y obligatoria de cada línea de vuelo ejecutada en campo, en formato KML, SHP, DGN, DFX o cualquier otro formato vectorial. Todas las líneas deberán ser respaldadas y enviadas a DINAN y a la Dirección Cartográfica al finalizar la supervisión.

c) Registro y documentación:

- Completar, verificar y entregar el formulario y registro diario de supervisión de vuelo, según los anexos 1 y 2.

d) Manejo de discrepancias:

- Si se detectan discrepancias o errores durante la supervisión, se notificará a la empresa supervisada.
- Además, el supervisor informará a su jefe inmediato y a DINAN a través de un correo electrónico la discrepancia presentada durante la supervisión.

e) Reprogramación de actividades:

- Si el cronograma en campo no puede cumplirse debido a caso fortuito o de fuerza mayor, el supervisor continuará con la supervisión en caso de reprogramación.
- En caso de que el supervisor designado no pueda continuar, DINAN solicitará a la Dirección Cartográfica la asignación de un nuevo supervisor.

f) Información adicional: Si el supervisor requiere información adicional en campo, deberá coordinar con el contratante para obtenerla.

6. Supervisión en gabinete:

- Si se detectan observaciones en campo y en gabinete previo a la emisión del informe final, se conformará una reunión IGM – Contratante, estas se documentarán en un acta de reunión como respaldo. Posteriormente, el contratante tendrá 4 días término para presentar un Informe de observaciones y el IGM tendrá 4 días termino para contestar dicho requerimiento.

7. Entrega de información:

- La supervisión del vuelo terminará y el contrato podrá cerrarse cuando el contratante entregue los resultados finales de la información capturada (datos procesados del vuelo). Esto debe hacerse en un plazo máximo de 90 días calendario, de acuerdo con lo que indican los artículos 42 y 45 del Reglamento de la Ley de Cartografía.

Documento elaborado por:

 Firmado electrónicamente por: RAFAEL RAMON SANTOS CARDENAS Validar únicamente con FirmaEC Ing. Rafael Santos IGM –DIRECCIÓN CARTOGRÁFICA	 Firmado electrónicamente por: ANDREA DEL ROCIO ARIAS CHAMORRO Validar únicamente con FirmaEC Ing. Andrea Arias IGM –DINAN	 Firmado electrónicamente por: JORGE RAINIERO ESTRELLA SALVADOR Validar únicamente con FirmaEC Ing. Rainiero Estrella IGM –DINAN
---	--	--

Documento revisado por:



Firmado electrónicamente por:
**JULIO ANDRES
CEVALLOS ESCOBAR**
Validar únicamente con FirmaEC

Mayo E. Julio Cevallos
DIRECTOR DE IIDES, NORMATIVA Y ARCHIVO NACIONAL (DINAN)



Firmado electrónicamente por:
**FREDDY OSWALDO
ROMERO MICHILENA**
Validar únicamente con FirmaEC

TCRN EM. Freddy Romero
JEFE DE LA DIRECCIÓN CARTOGRÁFICA

Documento validado por:



Firmado electrónicamente por:
**AUGUSTO MARCELO
TORRES GARZON**
Validar únicamente con FirmaEC

TCRN EM. MARCELO TORRES
SUBDIRECTOR DE IGM

Documento aprobado por:



Firmado electrónicamente por:
**HUGO FERNANDO
AVILES LEON**
Validar únicamente con FirmaEC

CRNL EMC. HUGO FERNANDO AVILÉS L.
DIRECTOR DE IGM

ANEXOS

Anexo 1: Formulario de Supervisión de vuelo

<i>Fecha de entrega de la información:</i>				
<i>Nombre Contratante:</i>				
<i>Persona Natural No. de RUC:</i>		<i>Persona Jurídica No. De RUC:</i>		
<i>Nombre Proyecto:</i>				
<i>Provincia:</i>				
<i>Cantón:</i>				
<i>Parroquia:</i>				
<i>Escala:</i>				
<i>El proyecto se encuentra en zona reservada</i>	<i>SI</i>		<i>NO</i>	
<i>SUPERVISIÓN DE VUELO</i>				
<i>DOCUMENTO</i>	<i>FORMATO</i>	<i>SI</i>	<i>NO</i>	<i>OBSERVACIÓN</i>
<i>Cronograma de supervisión</i>				
<i>Plan de vuelo</i>				
<i>Licencia del piloto</i>				
<i>En caso de internación de equipos, dictamen del MIDENA</i>				
<i>Dictamen MIDENA, en caso de zonas reservadas</i>				
<i>Permiso de vuelo</i>				
<i>Certificados de calibración de los equipos</i>				
<i>Certificado de la plataforma aérea</i>				
<i>Listado del personal técnico</i>				

<i>Especificaciones de la aeronave</i>				
<i>Especificaciones de equipo (sensor de captura)</i>				
<i>Listado de estaciones GNSS-BASE a utilizar.</i>				
<i>Certificado médico vigente de la DGAC para realizar actividades de vuelo.</i>				

Anexo 2: Registro diario de supervisión de vuelo

NOMBRE DEL SUPERVISOR:

FECHA DE INICIO DE SUPERVISIÓN:

FECHA DE FINALIZACIÓN DE SUPERVISIÓN:

FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	RESUMEN DE DESCRIPCIÓN DE TOMA	SUMILLA CONTRATANTE



MINISTERIO DE
DEFENSA
NACIONAL



INSTITUTO
GEOGRÁFICO
MILITAR

PROTOCOLO DE FISCALIZACIÓN PARA LA EXACTITUD POSICIONAL EN LA COMPONENTE VERTICAL PARA PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

Elaborado por:

DIRECCIÓN CARTOGRÁFICA –GEODESIA

DIRECCIÓN DE IIDE, NORMALIZACIÓN Y ARCHIVO NACIONAL

Versión 2.1

OCTUBRE 2025

Fecha del cambio	Versión	Breve descripción	Autor/modificado por
2023-06-10	1.0	Primera versión	José Luis Carrión / Rainiero Estrella
2024-03-05	2.0	Actualización criterios de cálculo para raster	José Luis Carrión / Rainiero Estrella
2025-10-02	2.1	Actualización en definiciones y detalles en cálculos de RMSE	José Luis Carrión / Rainiero Estrella

CONTENIDO

1. ANTECEDENTES.....	
2. OBJETIVO	
3. ALCANCE.....	
4. DEFINICIONES GENERALES.....	
5. SIGLAS ACRÓNIMOS.....	
6. REFERENCIAS CON OTRAS NORMAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	
7. INTRODUCCIÓN.....	
8. CONSIDERACIONES GENERALES.....	
8.1 Escala y equidistancia entre curvas de nivel (intervalo de curva)	
8.2 Origen para las alturas.....	
8.3 Precisión y exactitud en curvas de nivel.....	
8.4 Precisiones finales altimétricas para cartografía analógica o impresa	
9. CONTROL DE LA EXACTITUD POSICIONAL VERTICAL PARA PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS DIGITALES.....	
9.1 Exactitud vertical	
9.2 Exactitud vertical según la National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA)	
9.3 Relación entre NSSDA y RMSE (vertical).....	
9.4 Relación entre NSSDA y National Map Accuracy Standards - NMAS (vertical) para determinar el máximo permisible en exactitud posicional	
10. EVALUACIÓN DE LA EXACTITUD POSICIONAL VERTICAL PARA PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS.....	
10.1. Productos vectoriales.....	
10.2. Productos Raster	
11. MUESTREO PARA TOMA DE PUNTOS EN ORTOFOTOS Y MDT.....	
12. REFERENCIAS.....	

PROTOCOLO DE FISCALIZACIÓN PARA LA EXACTITUD POSICIONAL EN LA COMPONENTE VERTICAL PARA PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS

1. ANTECEDENTES

La Ley de la Cartografía Nacional y su Reglamento, faculta al IGM para la generación de cartografía base a nivel nacional, siguiendo para esto especificaciones y normativas de entidades productoras nacionales (IGM) o internacionales (IPGH, NGA y MGCP), con el fin de homogenizar la información cartográfica a diversas escalas.

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 los criterios técnicos para estandarizar los procedimientos orientados a la generación de información geográfica.

En este sentido, y en referencia a la representación de la componente vertical en los productos cartográficos, cabe mencionar que la misma deberá estar referida al Datum Vertical Vigente.

2. OBJETIVO

Este documento establece las especificaciones técnicas para determinar la exactitud posicional requerida en la componente vertical en función de los distintos productos cartográficos, independientemente del método de extracción utilizado; como restitución fotogramétrica (3D), LIDAR, RADAR de apertura sintética (SAR) o levantamientos topográficos-geodésicos.

3. ALCANCE

Estas especificaciones deben ser aplicadas por todas las personas naturales o jurídicas, autorizadas por la Ley de la Cartografía Nacional para la realización de actividades vinculadas a la generación de productos cartográficos.

4. DEFINICIONES GENERALES

Los términos empleados en las presentes especificaciones técnicas se basan en definiciones extraídas de fuentes reconocidas en los campos de la metrología, la cartografía y la geoinformación. Estas fuentes garantizan la precisión y consistencia de los conceptos utilizados, y se detallan a continuación:

1. Vocabulario Internacional de Metrología (VIM): Proporciona definiciones fundamentales para términos relacionados con la metrología, como exactitud y verificación, aplicables a la medición de datos geográficos.
2. Glosario de Términos Cartográficos de la Universidad de Alicante: Ofrece definiciones clave para conceptos cartográficos, como cartografía básica, que sirven de base para la representación de la superficie terrestre.
3. Glosario de Términos del Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE): Incluye definiciones específicas de información geográfica, alineadas con normas ISO 19000.

Altura Elipsoidal: Representa la distancia medida sobre la normal al elipsoide de referencia, desde la superficie matemática definida por el mismo.

Altura Geoidal: Separación entre el elipsoide de referencia y el geoide.

Altura Ortométrica: Representa la distancia medida sobre la vertical del lugar (dirección del vector de gravedad o línea de plomada), desde el geoide, siendo éste una superficie equipotencial del campo de gravedad terrestre.

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

Cámara Digital: Es el dispositivo fotográfico matricial o de línea que permite la colecta de fotografías en formato digital; sus características ópticas (distorsiones de la lente) y elementos de orientación interior (distancia focal y geometría de construcción) son determinados con exactitud e integrados a un reporte de calibración.

Cartografía Analógica: Conjunto de operaciones con las que se representa información del territorio en dos dimensiones, plasmados en un formato plano o papel.

Cartografía básica: 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.

Cartografía digital: Conjunto de operaciones con las que, partiendo de datos numéricos obtenidos por cualquier procedimiento, se elabora una carta trabajando sobre un ordenador con ayuda de software específico.

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

Cuasigeoide: Superficie no equipotencial cuya determinación no requiere de hipótesis geofísicas (hipótesis de masas) y se basa en el modelamiento matemático del campo de gravedad normal. Superficie de referencia para las alturas normales.

Elipsoide de referencia: corresponde a la representación normal de la Tierra, figura de revolución biaxial geocéntrica cuyo eje menor coincide con el principal de inercia terrestre.

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

Exactitud: Grado de concordancia entre el resultado de una prueba y el valor de referencia aceptado (por lo general valores observados).

Geoide: Superficie de nivel equipotencial del campo de gravedad terrestre, referencia para la determinación de alturas ortométricas.

Geopotencial: Se define como la energía potencial que posee un cuerpo en virtud de hallarse en el campo de gravitación terrestre, referido a un nivel arbitrario o cero.

Potencial: Por definición, la energía de un cuerpo es su capacidad para desarrollar un trabajo y, en ese sentido, la cantidad total de energía almacenada en un objeto (su energía interna) determina la cantidad de trabajo que ese objeto puede realizar. En tanto esa energía que no se pone en funcionamiento para la realización de trabajo constituye sólo lo que se denomina como energía potencial porque, en efecto, es sólo un potencial que en un momento determinado puede ponerse en movimiento.

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.

5. SIGLAS ACRÓNIMOS

GNSS: Global Navigation Satellite System (Sistema de posicionamiento global)

IGM: Instituto Geográfico Militar

IHRF: International Height Reference Frame (Marco de referencia internacional para las alturas)

IPGH: Instituto Panamericano de Geografía e Historia

ITRF: International Terrestrial Reference Frame (Marco de referencia terrestre internacional)

ITRS: International Terrestrial Reference System (Sistema de referencia terrestre internacional)

LIDAR: Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging

MDT: Modelos Digitales del Terreno

NSSDA: National Standard for Spatial Data Accuracy (Estándar Nacional para la Precisión de Datos Espaciales)

NTRIP: Networked Transport of RTCM via Internet Protocol

VIM: Vocabulario Internacional de Términos Fundamentales y Generales de Metodología

6. REFERENCIAS CON OTRAS NORMAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Las especificaciones técnicas para la exactitud posicional de productos cartográficos, han sido adoptadas considerando la documentación técnica de la NSSDA, IPGH y experiencias adquiridas en el desarrollo de proyectos oficiales realizados por las áreas de producción cartográfica del IGM, de acuerdo al siguiente detalle:

ASPRS, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Edición 1, versión 1.0, noviembre 2014.

NSSDA, National Standard for Spatial Data Accuracy (1998). Geospatial Positioning Accuracy Standards.

IGM, Instituto Geográfico Militar 2020. Manual de especificaciones técnicas Geodesia.

7. INTRODUCCIÓN

De igual forma que en el caso de la componente horizontal, la componente vertical representada en los productos cartográficos debe ser evaluada con el objeto de garantizar el cumplimiento de los estándares mínimos impuestos en términos de exactitud posicional. Esta evaluación se realiza en función de criterios y estándares establecidos y divulgados por organismos encargados de la normalización de procedimientos y técnicas para la generación de cartografía.

Distintos métodos son empleados para el levantamiento de información altimétrica con el objeto de representar el relieve. En general el método usado para la obtención de alturas, depende de la extensión del área a ser cartografiada, la escala cartográfica nominal, y por tanto de las precisiones mínimas requeridas/declaradas para el producto cartográfico. Entre las principales técnicas utilizadas para esta finalidad se pueden señalar: GNSS- *Global Navigation Satellite System* (alturas elipsoidales obtenidas mediante la técnica de posicionamiento satelital), GNSS y Modelos Globales de Geopotencial (alturas derivadas de alturas elipsoidales y alturas geoidales o cuasigeoidales derivadas de modelos geoidales/modelos cuasigeoidales), vuelos aerofotogramétricos (cámaras analógicas, cámaras digitales), levantamientos LIDAR, interferometría por radar de apertura sintética (InSAR), nivelación trigonométrica, nivelación geométrica, nivelación GNSS (aproximación a los desniveles geométricos obtenidos por nivelación geométrica, mediante la propagación de desniveles geoidales provenientes de modelos locales o globales), etc.

El procedimiento estándar para la generación de cartografía, involucra la realización de un proceso fotogramétrico, el cual implica a su vez la realización de observaciones geodésicas de distinta índole para el establecimiento de puntos de control en el terreno (GCP – *Ground Control Points*) que son usados para el ajuste de las fotografías adquiridas.

La evaluación de la componente vertical es realizada, por tanto, a nivel de los puntos de control (GCP) y/o de los productos cartográficos generados. En todos los casos los criterios (estándares) para la evaluación de la calidad en términos de la exactitud posicional, serán establecidos en función de la escala nominal para la representación cartográfica.

En términos generales, la evaluación de la exactitud posicional tanto en la componente vertical como horizontal, se basa en la definición de estándares mínimos cuyo cumplimiento se analiza mediante métodos estadísticos. En este contexto, la selección de una muestra consistente y válida para la ejecución de estos procedimientos, constituye un factor crítico.

8. CONSIDERACIONES GENERALES

En esta sección, algunos conceptos de base son presentados para abordar los procedimientos de fiscalización de la componente vertical en los insumos y productos cartográficos. Estos conceptos hacen referencia a criterios básicos a ser considerados en la generación de productos cartográficos y se derivan del documento “Especificaciones técnicas para la realización de cartografía topográfica a cualquier escala (primer borrador)” publicado en mayo de 2006 por el Instituto Geográfico Militar.

8.1 Escala y equidistancia entre curvas de nivel (intervalo de curva)

La equidistancia de curvas será definida básicamente por la escala del mapa o representación cartográfica. Así, para la cartografía de series nacionales el intervalo de curva será definido por el Instituto Geográfico Militar (IGM), y para cartografía a escalas mayores o iguales a 1:10.000 el mismo será equivalente a la milésima parte del denominador de la escala, en metros.

La equidistancia entre curvas de nivel, para series nacionales, será aquella que el organismo rector la formule y para cartografía con escalas iguales o mayores a 1:10000 será:

$$CI = \frac{M}{1000} (m) \quad (1)$$

En donde:

CI = intervalo de curva (Contour Interval)

M = Denominador de la escala

8.2 Origen para las alturas

El origen de altitudes niveladas será el nivel medio del mar determinado para una época determinada en el mareógrafo de La Libertad (Provincia del Guayas). La referencia de origen se materializa en una marca geodésica fundamental localizada en las proximidades del mencionado mareógrafo, y también en las referencias de nivel de primero, segundo y tercer orden materializadas en las principales vías de comunicación terrestre del territorio nacional, y cuya

altura ha sido propagada por el Instituto Geográfico Militar desde la referencia de origen (datum vertical) mediante la realización de nivelación geométrica y/o trigonométrica.

No obstante, se debe considerar que, en muchos casos, y dependiendo de la escala de la cartografía a ser generada y de las aplicaciones dadas a la misma, otro tipo de alturas y de superficies de referencia son utilizadas. Este es el caso por ejemplo de los productos cartográficos para los cuales las alturas se refieren a un elipsoide de referencia y son determinadas exclusivamente mediante posicionamiento GNSS, técnicas basadas en tecnología radar, LIDAR, microondas, etc.

En este sentido, en algunos casos, también son utilizadas alturas referidas a superficies equipotenciales asociadas a geoides / cuasigeoides locales o Modelos Globales de Geopotencial, y que son obtenidas mediante la combinación ($h - N$) de alturas elipsoidales (h) provenientes de posicionamiento GNSS y de alturas geoidales (N) derivadas de dichos modelos. En estos casos, se debe considerar las precisiones nominales de los modelos (locales y/o globales), con el objeto de determinar si las mismas son adecuadas y se ajustan a los requerimientos en términos de la exactitud posicional esperada en el producto cartográfico (relacionada con la escala). Errores de omisión y comisión propios de los modelos globales, generan incertezas en la determinación de alturas geoidales y/o de anomalías de alturas que pueden alcanzar dimensiones métricas.

Adicionalmente se debe mencionar que, obedeciendo a los estándares establecidos a través de SIRGAS (Sistema de Referencia Geodésico para Las Américas) por la Asociación Internacional de Geodesia (IAG, 2015), en relación al establecimiento de un Sistema de Referencia Vertical Global (SVRG), las alturas determinadas para la Red de Control Vertical de Ecuador (RCVE), deberán ser obtenidas en función del cálculo de números geopotenciales y estar vinculadas a un Datum Vertical Global (DVG) (materializado por una superficie equipotencial del campo de gravedad terrestre y con valor de geopotencial $W_0 = 62636859.4 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$) (Ihde et al., 2017).

El Sistema Vertical de Referencia de Ecuador (SVRE) deberá, por tanto, adaptarse a los preceptos establecidos por la IAG y divulgados en América del Sur por SIRGAS. De esta forma, el establecimiento del datum vertical para la RCVE, deberá basarse en el cálculo del geopotencial (W_0^i) en una o más estaciones fundamentales (i.e. estaciones IHRF – *International Height Reference Frame*).

Los trabajos orientados al establecimiento del nuevo Datum vertical están en etapa de realización, y a futuro las alturas de carácter físico determinadas para la Red de Control Vertical de Ecuador, deberán referirse al mismo, con lo cual la componente vertical del Marco de Referencia Geodésico Nacional estará vinculándose al Sistema de Referencia de Alturas Internacional (IHRF – *International Height Reference System*).

8.3 Precisión y exactitud en curvas de nivel

Las curvas de nivel en terreno sin influencia de vegetación, se trazará con una precisión tal, que el noventa por ciento (90%) de las cotas obtenidas por interpolación de aquellas, no diferirán de las verdaderas en más de la mitad de la equidistancia.

En las zonas con influencia de vegetación, las curvas de nivel se trazarán con línea discontinua, aceptándose entonces una tolerancia igual a la equidistancia que se lograría sin considerar la influencia de vegetación, por métodos terrestres, si es preciso.

Cabe destacar que la precisión descrita en este apartado, solo considera parámetros para el trazo de la curva (parámetros netamente visuales y estéticos). Debido a la definición intrínseca de curva de nivel (Línea formada por los puntos del terreno que se encuentran a la misma altitud. REA, 2003), esta no puede ser identificada en territorio como un punto fiducial, y, por tanto, no puede ser medida como tal y mucho menos valorada para definir su exactitud (no fiscalizable).

8.4 Precisiones finales altimétricas para cartografía analógica o impresa

Las elevaciones del 90% de los puntos acotados en un mapa impreso, 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 del $\frac{1}{2}$ del intervalo de curva de nivel. Las elevaciones del 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 el valor de la equidistancia (IGM, 2006). Para cumplir con estas precisiones, se recomienda utilizar restitución fotogramétrica o métodos similares.

Sin embargo, estos criterios pertenecen a cartografía analógica, por lo que el IGM en su búsqueda de permanecer en la vanguardia del avance tecnológico y la evolución de metodologías para la obtención de información geográfica, pone a disposición el presente documento que considera la evolución de cartografía analógica a una cartografía digital.

9. CONTROL DE LA EXACTITUD POSICIONAL VERTICAL PARA PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS DIGITALES

De forma homóloga a los procedimientos seguidos para la evaluación de la exactitud posicional en la componente horizontal, para el caso vertical se utiliza una muestra de puntos con el objetivo de analizar la calidad de los productos cartográficos mediante un método estadístico. El tratamiento estadístico se realiza en base a errores lineales y circulares de la muestra, para luego extrapolarlo a la población (González, 1985).

La precisión vertical media en los productos cartográficos, puede ser determinada considerando los errores aleatorios involucrados en su generación. De esta forma es factible el uso de la función de densidad normal o de Gauss:

$$\rho(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_x^2}} e^{-\left(\frac{x^2}{2\sigma_x^2}\right)}; -\infty \leq x \leq \infty \quad (2)$$

En donde:

$\rho(x)$ = probabilidad de que los puntos se encuentren correctamente posicionados

x = valor correspondiente al producto cartográfico menos valor levantado o conocido

σ_x = desviación estándar de x

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_1^n x^2}{n-1}} \quad (3)$$

Siendo n el número de puntos evaluados.

De esta forma, la Norma de Precisión Cartográfica (NPC), que establece una precisión del al menos $\frac{1}{4}$ del intervalo de curva de nivel, será evaluada de acuerdo a la distribución de densidad de Gauss conforme la ecuación (4) (González, 1985).

$$\int \rho(x) dx = 0.90 \quad (4)$$

Que representa el 90% de la superficie bajo la curva de distribución normal (Ilustración 1). Considerando un nivel de confianza del 90%, para una distribución normal con media $\mu = 0$ y desviación estándar $\sigma = 1$, el intervalo de confianza $[-z, +z]$ será $[-1.645, 1.645]$. Para este nivel de confianza corresponde α = nivel de significancia = 10% ($\alpha/2 = 5\%$) (González, 1985).

$$z = \frac{\chi - \mu}{\sigma} \quad (5)$$

Que, con el intervalo de confianza considerado, puede escribirse como:

$$1.645 = \frac{\chi - \mu}{\sigma} \quad (6)$$

La desviación estándar esperada para una distribución normal particular tendrá la forma:

$$\sigma = \frac{\chi - \mu}{1.645} \quad (7)$$

De esta forma, considerando μ (media) = 0, y la precisión mínima requerida (cuarto del intervalo de curva) para una cartografía E: 1:1000, con intervalo de curva de 1m, tenemos:

$$\sigma = \frac{0.25}{1.645} = 0.152 \quad (8)$$

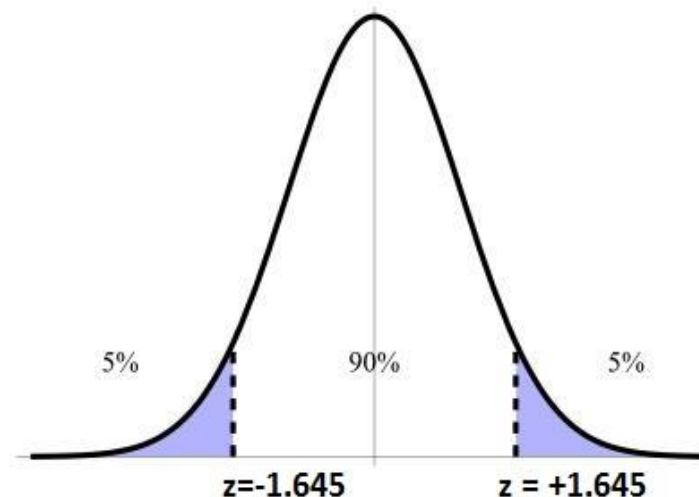


Ilustración 1: Distribución normal con nivel de confianza del 90%

9.1 Exactitud vertical

Para la evaluación de la exactitud vertical en productos cartográficos y en referencias de nivel, se acude al concepto de Error Medio Cuadrático (*Root Mean Square Error* - RMSE) (9), tomando como referencia lo descrito por la (NSSDA, 1998) Apéndice 3-A.

$$RMSE_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (z_{dato i} - z_{chequeo i})^2}{n}} \quad (9)$$

En donde:

$z_{dato i}$ es la coordenada vertical del punto de chequeo i para el conjunto de datos

$z_{chequeo i}$ es la coordenada vertical del punto de chequeo i para una fuente de datos independiente y de alta exactitud.

n : número de puntos a ser evaluados

i : es un entero de 1 a n

Se asume que los errores sistemáticos han sido eliminados de la mejor forma posible. Si los errores en vertical tienen una distribución normal, el factor 1.960 es aplicado para calcular el error lineal al 95% de nivel de confianza. Por tanto, la exactitud vertical reportada de acuerdo a la NSSDA debe ser calculada por la ecuación:

$$Exactitud_z = 1.960 * RMSE_z \quad (10)$$

9.2 Exactitud vertical según la National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA)

National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA) usa el error medio cuadrático (RMSE) para estimar la exactitud posicional. RMSE es la raíz cuadrada del promedio de un conjunto de diferencias cuadradas entre coordenadas de los datos y coordenadas provenientes de una fuente de alta exactitud para los mismos puntos (Federal Geographical Data Committee, 1998).

La exactitud es reportada al 95% de confianza, lo cual significa que el 95% de las posiciones del conjunto de datos tendrán un error con respecto a las posiciones reales que es igual o menor al valor de exactitud reportado (esperado). Los valores de exactitud reflejan todas las incertezas, incluyendo aquellas introducidas por las coordenadas de control geodésico, compilación, y cálculos finales.

La exactitud vertical debe ser evaluada comparando elevaciones del conjunto de datos con alturas de los mismos puntos determinadas desde una fuente independiente y de alta exactitud (Federal Geographical Data Committee, 1998).

Un mínimo de 20 puntos debe ser testeado, los cuales deben estar distribuidos de tal forma que representen el área de interés y la distribución de errores en el conjunto de datos. Cuando 20 puntos son evaluados, el nivel de confianza de 95% permite que un punto no cumpla con el umbral definido en las especificaciones del producto (Federal Geographical Data Committee, 1998).

Si menos de 20 puntos de evaluación pueden ser definidos, una alternativa puede ser evaluar la exactitud del conjunto de datos. *Spatial Data Transfer Standard* (STDS) (American National Standards Institute, 1998) identifica estos métodos alternativos para determinar exactitud posicional: Estimación deductiva, evidencia interna, comparación con la fuente

Para un conjunto de datos que abarquen un área rectangular, los puntos de chequeo deben estar distribuidos de tal forma que estén espaciados por intervalos de al menos 10% de la longitud de la diagonal que cruza el área correspondiente al conjunto de datos, y al menos 20% de los puntos deben estar localizados en cada cuadrante del área del conjunto de datos (Federal Geographical Data Committee, 1998).

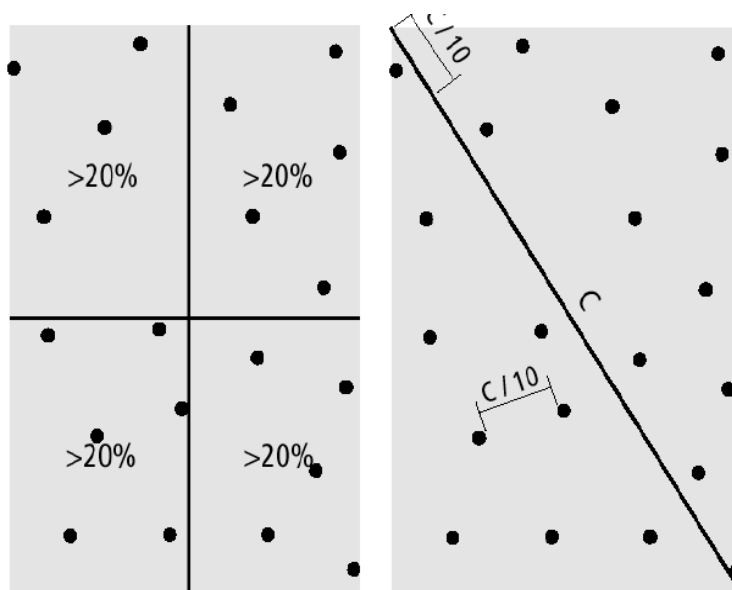


Ilustración 2: Distribución óptima de puntos de un área rectangular
Fuente: Cialek et al. (1999)

9.3 Relación entre NSSDA y RMSE (vertical)

Si el error vertical se encuentra normalmente distribuido, $RMSE_z$ puede ser determinado desde la exactitud ($EXACTITUD_z$) de acuerdo a NSSDA:

$$RMSE_z = \frac{EXACTITUD_z}{1.960} \quad (11)$$

9.4 Relación entre NSSDA y National Map Accuracy Standards - NMAS (vertical) para determinar el máximo permisible en exactitud posicional

El Apéndice 3-A de la (NSSDA, 1998), menciona que: la National Map Accuracy Standards (NMAS)(U.S. Bureau of the Budget, 1947) especifica que el 90% de los puntos evaluados deben entrar dentro de la tolerancia especificada. Por lo tanto, *la tolerancia vertical máxima permitida debe ser la mitad del intervalo de curva de nivel, para todos los intervalos de curva.*

Si los errores en vertical obedecen a una distribución normal, el factor 1.6449 es aplicado para calcular la exactitud vertical para el 90% de nivel de confianza (Greenwalt & Schultz, 1968). De esta forma, VMAS (*Vertical Map Accuracy Standard*) basado en NMAS es estimada mediante la siguiente ecuación:

$$VMAS = 1.645 * RMSE_z \quad (12)$$

VMAS puede ser convertido en $EXACTITUD_z$ de acuerdo con NSSDA conforme la ecuación:

$$EXACTITUD_z = \frac{1.9600}{1.6449} * VMAS = 1.1916 * VMAS \quad (13)$$

Por tanto, considerando la exactitud vertical reportada de acuerdo a NSSDA ($VMAS = 1/2$ del intervalo de curva), esta poseerá un **MÁXIMO PERMISIBLE** en función del intervalo de curva de una escala específica:

$$EXACTITUD_z = \frac{1.1916}{2} * CI$$

$$EXACTITUD_z = 0.5958 * CI \quad (14)$$

En donde:

CI = intervalo de curva (*Contour Interval*)

10. EVALUACIÓN DE LA EXACTITUD POSICIONAL VERTICAL PARA PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS

Como ya fue mencionado en los apartados precedentes, para estimar la exactitud posicional, se utilizó el RMSE (error medio cuadrático) (9), conforme lo recomienda el NSSDA y permite el cálculo del error de la muestra con un mínimo de 20 puntos con un nivel de confianza de 90%.

Por otra parte, antes de evaluar la exactitud posicional vertical será imperativo que primero se defina la referencia con la cual se realizará el análisis, es decir detallar si la vertical será evaluada como una altura elipsoidal, “ortométrica” calculada (especificar modelo utilizado) o altura nivelada.

Finalmente, los criterios estadísticos de evaluación considerados anteriormente se mantienen y serán contrastados con la exactitud máxima tolerable, la cual se encuentra estrechamente relacionada con la escala de los productos geodésicos y/o cartográficos que se derivarán de los mismos, siendo estos;

10.1. Productos vectoriales

En este apartado se considerará todos aquellos productos y magnitudes vectoriales como cartografía digital, puntos de apoyo fotogramétrico y puntos de control topográficos. La exactitud posicional vertical para este tipo de productos será calculada en función del RMSE y de los parámetros correspondientes para una distribución normal de residuales al 95% de nivel de confianza por la ecuación (10), mientras el límite permisible de dicha exactitud será determinado por la Relación entre NSSDA y NMA (ecuación 14).

Tabla 1: Ejemplos de exactitud vertical para productos cartográficos vectoriales

Escala de producto 1:XXX	Intervalo de Curva (m)	Exactitud vertical (RMSEz para vectores (m))
1000	1	0,596
2000	2	1,192
3000	3	1,787
5000	5	2,979
10000	10	5,958
25000	25	14,895
50000	50	29,790
100000	100	59,580
250000	250	148,950
500000	500	297,900

Fuente: Calculado a partir de National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA) y National Map Accuracy Standards (NMAS)

La Tabla 1 presenta ejemplos de exactitud vertical según diversas escalas, junto con el intervalo de curvas de nivel recomendado para cada caso. Estos están respaldados por los valores RMSEz establecidos por los estándares NSSDA y NMAS, y están orientados a usuarios que requieran productos vectoriales a distintas escalas.

10.2. Productos Ráster

En este apartado se considerará todos aquellos productos en formato Ráster, como Ortofotos, imágenes satelitales y Modelos Digitales del Terreno (MDT). La exactitud posicional vertical para este tipo de productos será calculada en función del RMSE y de los parámetros correspondientes para una distribución normal de residuales al 95% de nivel de confianza conforme la ecuación (10), mientras el límite permisible de dicha exactitud será determinado por los valores definidos por la tabla 1, misma que se deriva de la Tabla 6 del Apéndice B del documento “Estándares de precisión ASPRS para Digital Datos geoespaciales” (ASPRS, 2014).

Tabla 2: Ejemplos de exactitud vertical para datos de elevación digital para Ráster

Clase de datos verticales	Escala de producto 1:XXX	Intervalo de Curva (m)	RMSEz en terrenos sin vegetación (95% NDC) (m)	RMSEz en terrenos con vegetación (95% NDC) (m)
VII	1000	1	0,653	0,980
VIII	2000	2	1,306	1,960
IX	3000	3	1,959	2,940
IX	5000	5	3,265	4,900
X	10000	10	6,530	9,800
-	25000	25	16,385	24,500
-	50000	50	32,650	49,000
-	100000	100	65,300	98,000
-	250000	250	163,250	245,000

Fuente: Adaptado de American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS)

La Tabla 2 proporciona ejemplos de exactitud vertical y otros criterios de calidad según la ASPRS para diez clases de precisión vertical (Para escalas 1:1000 e inferiores, la calidad del producto está definida desde la clase VII en adelante), cada una con un intervalo de curva apropiado y respaldado por los valores RMSEz definidos por la NSSDA, para usuarios que pueden requerir productos a diferentes escalas.

11. MUESTREO PARA TOMA DE PUNTOS EN ORTOFOTOS Y MDT

La verificación de la exactitud posicional se realizará a través de puntos de muestro a todo el proyecto de ortofoto verdadera, mediante el levantamiento en campo de puntos fotoidentificables que será previamente planificados distribuidos de forma homogénea sobre el producto final presentado por el Contratista. Se realizará la evaluación de un rango de 20 (mínimo para estadístico NSSDA) hasta 30 (depende planificación y acceso terrestre) puntos de control distribuidos de forma homogénea a lo largo de todo el proyecto. Para el caso de la presencia de poblados dispersos dentro del proyecto, se contemplará el posicionamiento del 5-10% de puntos de control por cada poblado disperso de ser necesario y si la planificación así lo considere.

Para el posicionamiento se utilizará receptores GNSS de doble frecuencia, por métodos Estático, Estático Rápido y/o métodos NTRIP, se considerarán las intersecciones de aceras con un contraste alto en la ortofoto, bordillos o canales claramente definidos; así como también, vértices de viviendas, elementos recomendables dentro de la escala del proyecto.

El método para realizar la ubicación de los puntos de control, conforme al reporte geodésico llevando en campo. Se realizará el acercamiento al objeto identificado, hasta distinguir el límite del pixel y ubicar la posición que corresponderá al centro del mismo, hasta determinar la

coordinada en el producto presentada por la empresa. El tiempo de recepción de cada sesión dependerá de la distancia de la línea base y se calculará en función del tiempo de recepción de cada sesión de acuerdo a la distancia de la línea base según lo señala el IGM.

12. REFERENCIAS

American National Standards Institute. (1998). *Spatial Data Transfer Standard (SDTS)*.

American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS), 2014. Accuracy Standards for Digital Geospatial Data. Edición 2014

Greenwalt, C. R., & Schultz, M. E. (1968). *Principles and Error Theory and Cartographic Applications, ACIC Technical Report No. 96*.

González German, 1985. Métodos Estadísticos y principios de diseño experimental, segunda Edición.

Instituto Geográfico Militar (2006), Especificaciones Técnicas generales para la realización de cartografía topográfica a cualquier escala. IGMC-PG-N-ET-01. Disponible en: <http://www.igm.gob.ec/work/files/downloads/especcarto9.html>

National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA). (1998). Geospatial Positioning Accuracy Standards Part 3 : *National Spatial Data Infrastructure*, 28.
<http://www.fgdc.gov/standards/projects/FGDC-standards-projects/accuracy/part3/chapter3>

Ilde, J., Sánchez, L., Barzaghi, R., Drewes, H., Foerste, C., Gruber, T., Liebsch, G., Marti, U., Pail, R., & Sideris, M. (2017). Definition and Proposed Realization of the International Height Reference System (IHRs). *Surveys in Geophysics*. <https://doi.org/10.1007/s10712-017-9409-3>

Real Academia Española (RAE) (2003), Diccionario y Definiciones. Disponible en: <https://www.rae.es/>

U.S. Bureau of the Budget. (1947). *United States National Map Accuracy Standards*.

Documento elaborado por:

 Firmado electrónicamente por: JOSE LUIS CARRION SANCHEZ Validar únicamente con FirmaEC Ing. José Luis Carrión, Phd IGM –DIRECCIÓN CARTOGRÁFICA	 Firmado electrónicamente por: JORGE RAINIERO ESTRELLA SALVADOR Validar únicamente con FirmaEC Ing. Rainiero Estrella, Mgs IGM –DINAN
---	---

Documento revisado por:



Firmado electrónicamente por:
**JULIO ANDRES
CEVALLOS ESCOBAR**
Validar únicamente con FirmaEC

Mayo E. Julio Cevallos
DIRECTOR DE IIDE, NORMATIVA Y ARCHIVO NACIONAL (DINAN)



Firmado electrónicamente por:
**FREDDY OSWALDO
ROMERO MICHILENA**
Validar únicamente con FirmaEC

TCRN EM. Freddy Romero
JEFE DE LA DIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA OFICIAL

Documento validado por:



Firmado electrónicamente por:
**AUGUSTO MARCELO
TORRES GARZON**
Validar únicamente con FirmaEC

TCRN EM. MARCELO TORRES
SUBDIRECTOR DE IGM

Documento aprobado por:



Firmado electrónicamente por:
**HUGO FERNANDO
AVILES LEON**
Validar únicamente con FirmaEC

CRNL EMC. HUGO FERNANDO AVILÉS L.
DIRECTOR DE IGM



MINISTERIO DE
DEFENSA
NACIONAL



INSTITUTO
GEOGRÁFICO
MILITAR

FISCALIZACIÓN DE MODELOS DIGITALES DE TERRENO, MODELOS DIGITALES DE SUPERFICIE Y CURVAS DE NIVEL

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

Elaborado por:

DIRECCIÓN DE GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA OFICIAL

DIRECCIÓN DE IIDE, NORMALIZACIÓN Y ARCHIVO NACIONAL

Versión 1.0

OCTUBRE 2025

CONTENIDO

1. ANTECEDENTES	
2. OBJETIVO	
3. ALCANCE	
4. DEFINICIONES GENERALES	
5. SIGLAS ACRÓNIMOS	
6. REFERENCIAS CON OTRAS NORMAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ...	
7. INTRODUCCIÓN	
8. INSUMOS	
8.1 Levantamiento LIDAR o nube de puntos mediante fotogrametría.	
9. CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL PROCESO DE FISCALIZACIÓN	
10. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
10.1 Resolución espacial del Modelo digital de Elevaciones	
10.2 Exactitud posicional de la componente vertical para MDT	
11. CONTROL DE CALIDAD DE MDT Y MDS	
11.1 Primera Etapa – Calidad del MDT – MDS	
11.1.1 Consideraciones específicas según tipo de modelo	
11.2 Segunda Etapa – Exactitud Posicional	
11.3. Muestreo para toma de puntos en orto fotos y MDT	
12. CONTROL DE CALIDAD PARA CURVAS DE NIVEL	
12.1 Alcance	
12.2 Criterios para el control de calidad de curvas de nivel (Verificación Geométrica)	
12.3 Parámetros de evaluación de Calidad de curvas de nivel	
12.4 Muestreo	
12.5 Fuente de los datos base	
13. REFERENCIAS	

FISCALIZACIÓN DE MODELOS DIGITALES DE TERRENO, MODELOS DIGITALES DE SUPERFICIE Y CURVAS DE NIVEL

1. ANTECEDENTES

Según el Art. 1 de la Ley de Cartografía Nacional, el Instituto Geográfico Militar (IGM), 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.

Según el Art. 23 de la Ley de Cartografía Nacional, los trabajos cartográficos autorizados de conformidad con el Art. 19, son supervisados, fiscalizados y aprobados por el Instituto Geográfico Militar.

Según el Art. 44 del Reglamento a la Ley de la Cartografía Nacional, indica que los trabajos autorizados de conformidad con el Art. 42 del Reglamento, serán supervisados, fiscalizados y aprobados por el Instituto Geográfico Militar.

En referencia a los artículos antes citados y a la creciente demanda de información geoespacial asociada a las necesidades del país para la planificación, desarrollo, gestión de riesgos, etc., requiere de sistemas de captura más eficientes basados en la incorporación de nuevas tecnologías para la obtención de productos cartográficos que emplean para la adquisición de datos como los sistemas GNSS, fotografía aérea métrica y LIDAR; los cuales, en combinación con los procedimientos de fotogrametría digital o digitalización, permiten cartografiar el territorio nacional que presenta características topográficas escarpadas y una alta nubosidad durante el año, dificultando la adquisición de datos para la generación de productos derivados.

Por lo antes expuesto, el Instituto Geográfico Militar (IGM) como organismo que genera cartografía ha creído conveniente brindar a la ciudadanía las especificaciones técnicas para obtener modelos digitales de elevación, superficie y curvas de nivel.

La Ley de la Cartografía Nacional, estipula que el IGM tiene la facultad de generar cartografía a nivel Nacional, siguiendo las especificaciones y normativas de entidades productoras, sea a nivel nacional (IGM) como internacional, con el fin de homogenizar la información cartográfica contenida en la producción a grandes escalas y desarrollar las presentes especificaciones para diversos productos cartográficos multiescala.

2. OBJETIVO

Este documento establece las especificaciones técnicas y requerimientos en relación a la exactitud posicional y control de calidad de productos cartográficos como los modelos de elevación, superficies y curvas de nivel.

3. ALCANCE

Estas especificaciones deben ser aplicadas por todas las personas naturales o jurídicas, autorizadas por la Ley de la Cartografía Nacional, que elaboran actividades de cartografía.

4. DEFINICIONES GENERALES

Los términos empleados en las presentes especificaciones técnicas se basan en definiciones extraídas de fuentes reconocidas en los campos de la metrología, la cartografía y la geoinformación. Estas fuentes garantizan la precisión y consistencia de los conceptos utilizados, y se detallan a continuación:

1. Vocabulario Internacional de Metrología (VIM): Proporciona definiciones fundamentales para términos relacionados con la metrología, como exactitud y verificación, aplicables a la medición de datos geográficos.
2. Glosario de Términos Cartográficos de la Universidad de Alicante: Ofrece definiciones clave para conceptos cartográficos, como cartografía básica, que sirven de base para la representación de la superficie terrestre.
3. Glosario de Términos del Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE): Incluye definiciones específicas de información geográfica, alineadas con normas ISO 19000.

Calidad: Grado con el que un conjunto de características inherentes cumple los requisitos exigidos por el cliente.

Correlación: Es el establecimiento automático de correspondencias entre elementos extraídos de dos o más imágenes digitales con un recubrimiento común. Se le denomina también matching, en el contexto de fotogrametría.

Distorsión geométrica: Deformación de las imágenes de sensores remotos, causada por las características del sistema de toma como: variación de posición y velocidad de la plataforma, orientación, perspectiva y distancia focal del sensor y las relativas al terreno sobre el cual se hace la captura de información geográfica (rotación, curvatura y topografía).

Error Medio Cuadrático (RMSE): Función estadística utilizada para determinar el error

o diferencia entre un conjunto de datos medidos y un conjunto de datos estimados. En el caso de cálculo de coordenadas, el conjunto de datos medidos se refiere a las coordenadas de los puntos de control terrestre obtenidos con equipos geodésicos de alta precisión; por otro lado, el conjunto de datos estimados se refiere a las coordenadas de puntos obtenidos mediante operaciones de cálculo o ajuste.

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

Exactitud: Grado de concordancia entre el resultado de una prueba y el valor de referencia aceptado. La *exactitud* es lo cerca que el resultado de una medición está del valor verdadero.

GSD (Ground Sample Distance) Resolución Espacial: Define la resolución en distancia sobre el terreno que puede detectar un sensor de imágenes digitales.

Modelo digital de Elevación: Un modelo digital de elevación es una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar. Se utiliza como un término general, y está constituido por modelo digital del terreno (MDT) y modelo digital de superficie (MDS)

Modelo digital de superficie: Representa todos los elementos existentes sobre la superficie de la tierra (vegetación, construcciones y el terreno propiamente).

Modelo digital del Terreno: Representa la forma del terreno una vez que fueron removidos todos los elementos ajenos al mismo como son la vegetación, edificaciones y demás elementos que no forman parte del terreno.

Ortofotografía: Fotografía aérea rectificada a la que se ha corregido las deformaciones derivadas de la perspectiva cónica que tiene la fotografía aérea vertical y los efectos del desplazamiento del relieve; en consecuencia, tiene las mismas propiedades métricas de proyección y escala que un mapa.

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.

Resolución: Grado de detalle digital de representación en formato digital.

Tile (tesela geoespacial): es una porción espacial discreta y contigua de un conjunto de datos geográficos, que forma parte de un esquema de teselado más amplio, con el propósito de dividir una gran cantidad de información en unidades más manejables. Cada tile se define mediante un identificador único (por ejemplo, coordenadas columna-fila

dentro de una matriz de teselas) y corresponde a un subconjunto espacial del dominio total de los datos, respetando un sistema de referencia, extensión geográfica y resolución común.

5. SIGLAS ACRÓNIMOS

CN: Curva de nivel

GNSS: Global Navigation Satellite System (Sistema de posicionamiento global)

IGM: Instituto Geográfico Militar

IPGH: Instituto Panamericano de Geografía e Historia

LIDAR: Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging

MDE: Modelo digital de elevación

MDS: Modelo digital de superficie

MDT: Modelo digital de terreno

NSSDA: National Standard for Spatial Data Accuracy (Estándar Nacional para la Precisión de datos espaciales)

VIM: Vocabulario Internacional de Términos Fundamentales y Generales de Metrología

6. REFERENCIAS CON OTRAS NORMAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Las especificaciones técnicas para la exactitud posicional para productos cartográficos, han sido adoptadas considerando la documentación técnica de la NSSDA, IPGH y experiencias adquiridas en el desarrollo de proyectos oficiales realizados por las áreas de producción cartográfica del IGM, de acuerdo al siguiente detalle:

ASPRS, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Edición 1, versión 1.0, noviembre 2014.

IGM, Fiscalización de la exactitud posicional en la componente vertical en productos cartográficos, versión 2.0, agosto 2024.

NSSDA, National Standard for Spatial Data Accuracy (1998). Geospatial Positioning Accuracy Standards.

7. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geográfico Militar (IGM), en cumplimiento de su misión institucional y en concordancia con estándares internacionales de calidad, lleva a cabo procesos sistemáticos de fiscalización técnica sobre los productos cartográficos generados, tanto en sus componentes horizontales como verticales. Estos procesos son fundamentales para

garantizar la precisión, confiabilidad y utilidad de la información geoespacial que se produce o valida institucionalmente.

En particular, este protocolo se enfoca en la fiscalización de productos altimétricos como el Modelo Digital del Terreno (MDT), el Modelo Digital de Superficie (MDS) y las curvas de nivel, los cuales constituyen insumos esenciales para una amplia gama de aplicaciones en planificación territorial, ingeniería civil, gestión de riesgos y defensa.

La verificación de estos productos se realiza conforme a metodologías técnicas que incorporan estándares reconocidos internacionalmente, tales como la norma ISO 19157 (Calidad de los datos geográficos), el NSSDA (National Standard for Spatial Data Accuracy) y las directrices técnicas de la ASPRS (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing). El presente documento establece los procedimientos, criterios y responsabilidades necesarias para llevar a cabo una fiscalización eficaz y documentada de estos productos, asegurando su conformidad con los niveles de calidad exigidos por el IGM.

8. INSUMOS

Se tomará en cuenta los insumos, metodología y lineamientos que establezca los documentos habilitantes (Contratos, TDR'S y documentos técnico-legales), suscritos por las máximas autoridades y/o sus delegados del GADM y el Consultor, en complemento a la documentación (Catalogo de Objetos, Especificaciones técnicas y Guía de Extracción) con la cual se valida la fiscalización de la cartografía base con fines catastrales escala 1:1000 y 1:5000, conforme el método de extracción de la cartografía previamente señalado. Por tal motivo, es importante que el contratante aplique estrictamente la metodología indicada en los Términos de Referencia (TDR), o justifique los cambios realizados en la metodología u objetos requeridos mediante documentos suscritos por la máxima autoridad del GADM, el Administrador del contrato y Fiscalizador.

Los trabajos que estén en ejecución (fiscalización-validación) en cualquier etapa, no podrán ser interrumpidos; por lo que, se finalizarán con el respectivo informe y se contabilizará en la liquidación del contrato el número de veces fiscalizadas-validadas en cada una de sus etapas correspondientes.

El ejecutor del levantamiento entregará la información en formato digital, de acuerdo con el método de obtención cartográfico definido, según el siguiente detalle:

8.1 Levantamiento LIDAR o nube de puntos mediante fotogrametría.

Carpeta de puntos de apoyo fotogramétrico

- Memoria técnica de los puntos de apoyo, que especifique las estaciones de

enlace GNSS, su diseño, proceso ejecutado, equipos utilizados y resultados alcanzados.

- Monografías de puntos de apoyo fotogramétrico con fotografías en sus componentes horizontal y vertical (cotas).
- Reportes de procesamiento (ajuste de puntos).
- Datos rinex, de los puntos de los vértices obtenidos con GNSS de precisión.
- Elenco de coordenadas de los puntos de apoyo fotogramétrico en formato digital y en *.shp de las cotas obtenidas.

Carpeta datos LIDAR

- Nube de puntos clasificada (divida en celdas de 15 segundos de longitud y latitud para escala 1:1 000 y 75 segundos para escala 1:5000), formato .LAS
- Archivo de clasificación de la nube de puntos en formato *.pct (opcional)
- Archivo vector *.shp de ubicación de celdas para abrir la nube de puntos
- Mosaico del MDT y/o MDS obtenido por nube de puntos LIDAR.
- Memoria técnica con firmas de responsabilidad, donde conste el procesamiento de datos LiDAR, especificar los equipos y software utilizado, clasificación de la nube de puntos, densidad de puntos por metro cuadrado.

Carpeta Cartografía para curvas de nivel

- Memoria técnica con firmas de responsabilidad de la cartografía que especifique: el proceso ejecutado, equipos utilizados y en caso de existir, las particularidades del levantamiento.
- Límites de áreas de intervención en formato digital *.shp.
- Archivo digital de la base cartográfica debidamente estructurada en la base de datos entregada por el IGM, con base a los TDR (curvas de nivel).
- Ortomosaico (ortofoto u ortoimagen)

9. CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL PROCESO DE FISCALIZACIÓN

La fiscalización de productos altimétricos como el Modelo Digital del Terreno (MDT), el Modelo Digital de Superficie (MDS) y las curvas de nivel se realizará en función de las características específicas que representan cada uno de estos productos cartográficos, aplicando criterios diferenciados según su naturaleza y finalidad.

En primer lugar, se evaluará la calidad del MDE, para lo cual se **procederá con la revisión de la geometría y consistencia espacial** de los modelos ráster, tanto MDT como MDS. Esta revisión estará orientada a detectar distorsiones geométricas, discontinuidades, artefactos digitales o inconsistencias estructurales que afecten la continuidad del relieve o generen errores interpretativos.

Una vez que el MDT y/o MDS esté correcto, **se evaluará la exactitud posicional vertical**

exclusivamente en los MDT, dado que estos modelos representan la superficie del terreno desnuda, sin elementos artificiales o vegetación, y, por lo tanto, permiten una comparación directa con puntos de control obtenidos mediante técnicas topográficas o GNSS. En el caso de los MDS, no se aplicará esta evaluación debido a que sus valores altimétricos están referidos a superficies superiores como techos de edificaciones, estructuras o el dosel arbóreo, lo cual impide establecer una correspondencia precisa con el terreno natural.

Respecto a las curvas de nivel, la fiscalización se aplicará únicamente a aquellas generadas mediante restitución fotogramétrica o levantamientos topográficos directos, puesto que estas permiten evaluar atributos esenciales como la consistencia topológica, la adecuada representación del relieve, la continuidad de las líneas, el uso correcto de la simbología y la calidad gráfica del trazo. En contraste, **no se efectuará fiscalización sobre curvas de nivel derivadas automáticamente de Modelos Digitales del Terreno (MDT)**, ya que estas heredan directamente las características del modelo base y no constituyen un producto independiente sujeto a evaluación de calidad conforme a los parámetros establecidos. No obstante, en el caso de **curvas generadas a partir de MDT**, se llevará a cabo una **verificación topológica y un control de calidad** conforme a lo establecido en la tabla 7.

10. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

10.1 Resolución espacial del Modelo digital de Elevaciones

La resolución espacial de los modelos digitales de elevación será conforme a la escala del producto final. A continuación, se presenta una definición de resoluciones espaciales conforme a la escala.

Tabla 1: Resolución espacial MDE por escalas

ESCALA	RESOLUCIÓN DE MDE	RESOLUCIÓN DATOS LIDAR
1:1.000	0.50 - 1.00 m	0.50 m
1:5.000	2.00 – 5.00 m	1.00
1:10.000	5.00 – 10.00m	--
1:25.000	10.00 – 20.00 m	--

Fuente: Autoría IGM

10.2 Exactitud posicional de la componente vertical para MDT

Para estimar la exactitud posicional se tomará como referencia el documento “Fiscalización de la exactitud posicional en la componente vertical en productos cartográficos” generado por el IGM, en el cual se utiliza el RMSE (error medio cuadrático) (1), conforme lo recomienda el NSSDA y permite el cálculo del error de la muestra con un mínimo de 20 puntos con un nivel de confianza de 90%.

$$RMSE_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (z_{datoi} - z_{chequeoi})^2}{n}} \quad (1)$$

Por otra parte, antes de evaluar la exactitud posicional vertical ***será imperativo que primero se defina la referencia con la cual se realizará el análisis***, es decir detallar si la vertical será evaluada como una altura elipsoidal, “Ortométrica” calculada (especificar modelo utilizado) o altura nivelada.

Finalmente, los criterios estadísticos de evaluación considerados anteriormente se mantienen y serán contrastados con la exactitud máxima tolerable, la cual se encuentra estrechamente relacionada con la escala de los productos geodésicos y/o cartográficos que se derivarán de los mismos, siendo este el MDT.

$$Exactitud_z = 1.960 * RMSE_z \quad (2)$$

En este apartado se considerará todos aquellos productos en formato ráster como Modelos Digitales del Terreno (MDT). La exactitud posicional vertical para este tipo de productos será calculada en función del RMSE y de los parámetros correspondientes para una distribución normal de residuales al 95% de nivel de confianza conforme la ecuación (2), mientras el límite permisible de dicha exactitud será determinado por los valores definidos por la tabla 2, misma que se deriva de la Tabla 6 del Apéndice B del documento “Estándares de precisión ASPRS para Digital Datos geospaciales” (ASPRS, 2014).

Tabla 2: Ejemplos de calidad vertical para datos de elevación digital para ráster

Clase de datos verticales	Escala de producto 1:XXX	Intervalo de Curva (m)	RMSEz en terrenos sin vegetación (95% NDC) (cm)	RMSEz en terrenos con vegetación (95% NDC) (cm)
VII	1000	1	65.3	98
VIII	2000	2	130.6	196
IX	3000	3	195.9	294
IX	5000	5	326.5	490
X	10000	10	653	980
-	25000	25	1638.5	2450
-	50000	50	3265	4900
-	100000	100	6530	9800
-	250000	250	16325	24500

Fuente: Adaptado de American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS)

La Tabla 2 proporciona ejemplos de precisión vertical y otros criterios de calidad según

la ASPRS para diez clases de precisión vertical (Para escalas 1:1000 e inferiores, la calidad del producto está definida desde la clase VII en adelante), cada una con un intervalo de curva apropiado y respaldado por los valores RMSEz definidos por la NSSDA, para usuarios que pueden requerir productos a diferentes escalas.

11. CONTROL DE CALIDAD DE MDT Y MDS

11.1 Primera Etapa – Calidad del MDT – MDS

La revisión de la calidad de los Modelos Digitales de Elevación (MDE), ya sea en su forma de Modelo Digital de Superficie (MDS) o Modelo Digital del Terreno (MDT), constituye una etapa crítica dentro del control de calidad de productos altimétricos. La calidad del MDE dependerá directamente de los insumos empleados y de la metodología aplicada para su generación. Por tal motivo, el contratista deberá incluir en su informe técnico una descripción detallada de la metodología utilizada, incluyendo software, parámetros de procesamiento y fuentes de datos originales.

Las metodologías más comúnmente empleadas para la generación de MDE incluyen:

- Correlación estereoscópica de imágenes (fotogrametría digital), y
- Tecnología LIDAR (Light Detection and Ranging), mediante pulsos láser.

El proceso de control de calidad se realizará principalmente sobre el mosaico del MDE, ya sea en formato ráster o vectorial. Sin embargo, en proyectos que contemplen la revisión de clasificación de nubes de puntos —específicamente en el caso de datos LIDAR— se procederá con un muestreo dirigido para la verificación técnica de dicha clasificación, conforme a estándares internacionales. A continuación, se detallan los parámetros fundamentales a evaluar para productos MDE:

- Información General: Se verificará la existencia y consistencia del informe técnico del MDE y sus respectivos metadatos, los cuales deben incluir, al menos:
 - Fecha de adquisición de datos
 - Metodología utilizada
 - Resolución espacial
 - Sistema de referencia geodésico
 - Formato de archivo entregado
- Cobertura Total: Se comprobará el cubrimiento completo del área de interés declarada por el cliente, tal como se establece en el contrato y en los Términos de Referencia (TDR). Esta verificación garantiza que no existan omisiones o vacíos de datos dentro del área especificada.
- Resolución Espacial: El tamaño de píxel (Ground Sample Distance, GSD) del

MDE deberá ajustarse a la escala solicitada en los TDR y cumplir con las especificaciones técnicas institucionales del IGM para cada tipo de producto.

- Continuidad: El MDE, tanto MDT como MDS, deberá presentar una superficie continua, libre de discontinuidades, desniveles abruptos, artefactos visuales o texturas inconsistentes. La evaluación se realizará mediante:
 - Inspección visual sobre mapas hillshade, generados por el contratista y validados por el fiscalizador en software especializado (por ejemplo, Global Mapper).
 - Revisión de perfiles transversales, que permiten detectar errores de interpolación, ondulaciones, huecos, y deformaciones sistemáticas.
 - Los MDT no deben incluir estructuras artificiales como puentes o edificaciones.
 - Véase Anexo 1: Catálogo de errores de continuidad altimétrica.
- Clasificación (aplicable a productos LIDAR): La verificación de la clasificación temática de la nube de puntos se realizará mediante un muestreo estadístico del mosaico, considerando la población total de hojas cartográficas del proyecto. Para ello se aplicará el método de muestreo conforme a la norma INEN-ISO 2859-1:2009, nivel general de inspección II – Normal.
 - Para escala 1:5.000, la revisión visual se efectuará a una escala de trabajo de 1:1.500 a 1:2.500.
 - Para escala 1:1.000, la revisión se ejecutará a una escala de 1:250 a 1:500.

Este análisis permitirá una evaluación efectiva de la fidelidad de la clasificación y la correcta representación de los objetos presentes en orto-imágenes u orto-fotos asociadas.

11.1.1 Consideraciones específicas según tipo de modelo

MDT (Modelo Digital del Terreno)

- Debe eliminar toda representación de objetos sobre la superficie tales como edificaciones, puentes, vegetación y otras estructuras antropogénicas.
- El MDT deberá presentarse en formato ráster .tif, respetando la resolución y sistema de coordenadas establecidos.
- Si el MDT se genera a partir de nube de puntos LIDAR, se deben entregar archivos en formato .LAS, debidamente clasificados en al menos dos clases: Clase 2 (Ground) y Clase 1 (Non-ground).

MDS (Modelo Digital de Superficie)

- Debe representar todos los elementos ubicados sobre el terreno: edificaciones, cobertura vegetal, infraestructura, etc.

Para MDS generados mediante LIDAR, se deberá entregar la nube de puntos clasificada según lo establecido en el estándar de la American Society for Photogrammetry and Remote Sensing versión 1.4 (ASPRS), ver Tabla 3.

Tabla 3: Clasificación nube LIDAR

CÓDIGO	CLASE ASPRS	DESCRIPCIÓN
0	Sin clasificar	Puntos sin procesar
1	Clasificado genérico	Uso general
2	Terreno (suelo)	Terreno limpio y visible
3	Vegetación baja	Vegetación baja (<0.5 m aprox.)
4	Vegetación media	Vegetación entre 0.5 – 2.0 m
5	Vegetación alta	Arboles u objetos >2.0 m
6	Edificaciones	Tejados, estructuras
7	Ruido (error)	Puntos altos o bajos, error
8	Agua	Ríos, lagos, embalses
9	Líneas férreas	
10	Superficies viales	Carreteras, caminos
11	Torres y cables	Clasificación avanzada (opcional)
12	Infraestructura industrial	Clasificación avanzada (opcional)
13–31	Clases personalizadas	

Fuente: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS)

La nube de puntos debido a su gran cantidad de información y peso, debe ser dividida en partes más pequeñas llamadas tile (o tesela) adjuntando un archivo vector con la ubicación de cada tile, el tamaño del tile será conforme al tamaño de la grilla del IGM según la escala.

También se deberá entregar un mosaico en formato .TIF de MDT y/o MDS del proyecto con menor resolución a fin de identificar el área de cobertura del MDT y/o MDS.

En el marco de la elaboración de productos cartográficos base, el Instituto Geográfico Militar (IGM) recomienda adoptar una clasificación estandarizada conforme a criterios técnicos y normativos institucionales. Esta clasificación tiene por objeto garantizar la consistencia temática, la interoperabilidad de los datos y la trazabilidad en procesos de producción y fiscalización.

La Tabla 4 presenta el detalle de la clasificación recomendada por el IGM, que debe ser considerada como referencia para la estructuración de capas temáticas, tanto en productos vectoriales como ráster, y durante todas las fases de planificación, ejecución y control de calidad.

Tabla 4: Clasificación nube LIDAR recomendada por IGM

Producto cartográfico	Clases requeridas del LIDAR
Modelo Digital del Terreno (MDT)	2
Modelo Digital de Superficie (MDS)	1, 2, 5, 6
Curvas de nivel	2
Clasificación de uso de suelo	2, 5, 6
Delimitación de cuerpos de agua	2, 8
Infraestructura vial	2, 10

Fuente: Autoría IGM

Nota: Dependiendo de la densidad de cobertura vegetal y el nivel de filtración de los puntos sobre la cobertura vegetal, se podrá tomar en cuenta la cobertura vegetal baja parte del suelo. Para escala 1:5.000.

Así mismo, el uso de datos LIDAR se considera altamente recomendable para proyectos cartográficos básicos que requieran alta precisión altimétrica, generación de Modelos Digitales de Elevación (MDS y MDT), y levantamientos detallados de cobertura y estructuras superficiales. Esta tecnología permite optimizar los procesos de restitución, modelado del terreno y control de calidad.

La Tabla 5 presenta los criterios técnicos recomendados por el IGM para la aplicación de datos LIDAR en proyectos cartográficos base, considerando aspectos como: tipo de producto esperado, escala cartográfica, densidad de puntos mínima, clasificación temática requerida, y formatos de entrega.

Tabla 5: Productos derivados de LIDAR recomendados por IGM

Tipo de proyecto	Clases mínimas recomendadas
Cartografía base 1:1000 – 1:5000	2, 5, 6, 7
Ordenamiento territorial rural	2, 5, 7
Estudios hidrológicos	2, 8
Inventario forestal	2, 3, 4, 5
Urbano – catastro	2, 5, 6, 7

Fuente: Autoría IGM

En resumen, la tabla 6 de evaluación del cumplimiento consolida los parámetros técnicos verificados durante el proceso de control de calidad. Este análisis será complementado mediante la comparación directa con la orto-foto correspondiente al mismo proyecto, la cual servirá como fuente de validación espacial y temática de los elementos evaluados.

Tabla 6: Matriz de control de parámetros de calidad

PARÁMETROS GENERALES	CUMPLIMIENTO
Información General	
Cobertura total MDT y/o MDS	
Tamaño de pixel	
Continuidad del MDT y/o MDS (mosaico)	
Clasificación del MDT y/o MSD (a datos LIDAR)	

Fuente: Autoría IGM

11.2 Segunda Etapa – Exactitud Posicional

El control de calidad de la exactitud posicional debe realizarse en base a los productos aceptados en la etapa anterior (Calidad de Modelo Digital de Elevaciones). El proceso de cálculo del RMS o EMC (Error Medio Cuadrático) estará basado en función de la norma estadounidense “NSSDA National Standard for Spatial Data Accuracy de la Federal Geographic Data Committee (FGDC)”. La verificación de la exactitud posicional se realizará a todo el proyecto.

Se realizará la evaluación de un rango de 20 (mínimo para estadístico NSSDA) hasta 30 (depende planificación y acceso terrestre) puntos de control distribuidos de forma homogénea a lo largo de todo el proyecto. Para el caso de la presencia de poblados dispersos dentro del proyecto, se contemplará el posicionamiento del 5-10% de puntos de control por cada poblado disperso de ser necesario y si la planificación así lo considere.

Los puntos se tomarán en zonas a nivel de suelo y se realizará la verificación de exactitud posicional al MDT. Para realizar la captura de puntos de chequeo para la fiscalización, se realizará en zonas de asfalto, concreto o tierra compactada que pueda distinguir su forma en el hillshade del MDT.

Una vez obtenidos los puntos para realizar la verificación de exactitud posicional, se realiza la medición correspondiente para calcular el RMSE conforme al apartado 9.2 del presente documento.

11.3. Muestreo para toma de puntos en ortofotos y MDT

La verificación de la exactitud posicional se realizará a través de puntos de muestro a todo el proyecto, mediante el levantamiento en campo de puntos foto-identificables que serán previamente planificados distribuidos de forma homogénea sobre el producto final

presentado por el Consultor contratante. Se realizará la evaluación de un rango de 20 (mínimo para estadístico NSSDA) hasta 30 (depende planificación y acceso terrestre) puntos de control distribuidos de forma homogénea a lo largo de todo el proyecto. Para el caso de la presencia de poblados dispersos dentro del proyecto, se contemplará el posicionamiento del 5-10% de puntos de control por cada poblado disperso de ser necesario y si la planificación así lo considera.

Para el posicionamiento se utilizarán receptores GNSS de doble frecuencia, por métodos Estático, Estático Rápido y/o métodos NTRIP; la ubicación de los puntos de control será conforme al reporte geodésico levantado en campo. Asimismo, se realizará el acercamiento al objeto identificado, hasta distinguir el límite del pixel y ubicar la posición que corresponderá al centro del mismo, hasta determinar la coordenada en el producto presentada por la empresa. El tiempo de recepción de cada sesión dependerá de la distancia de la línea base y se calculará en función del tiempo de recepción de cada sesión de acuerdo a la distancia de la línea base según lo señala el IGM.

12. CONTROL DE CALIDAD PARA CURVAS DE NIVEL

El propósito del control de calidad de las curvas de nivel es garantizar que la representación del relieve terrestre sea precisa, coherente y confiable, de acuerdo con los estándares técnicos establecidos. A través de este proceso, se busca verificar que las curvas reflejen fielmente la topografía del terreno, evitando errores como líneas mal interpoladas, saltos altimétricos inconsistentes, interrupciones injustificadas o deformaciones cartográficas. Asimismo, asegura la trazabilidad de los datos, la uniformidad de criterios entre distintos levantamientos y la conformidad con normativas vigentes.

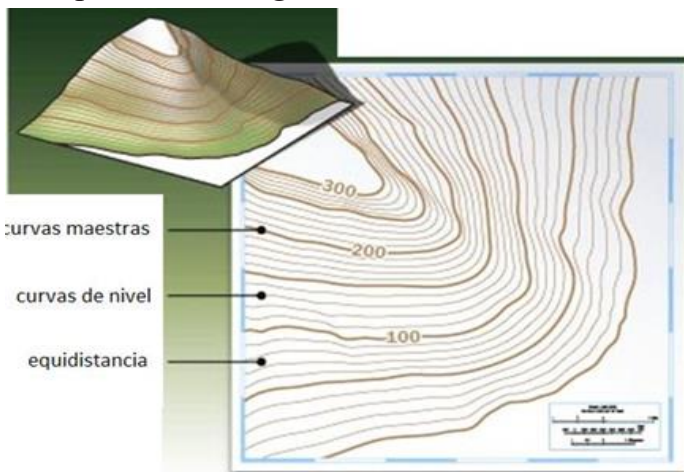
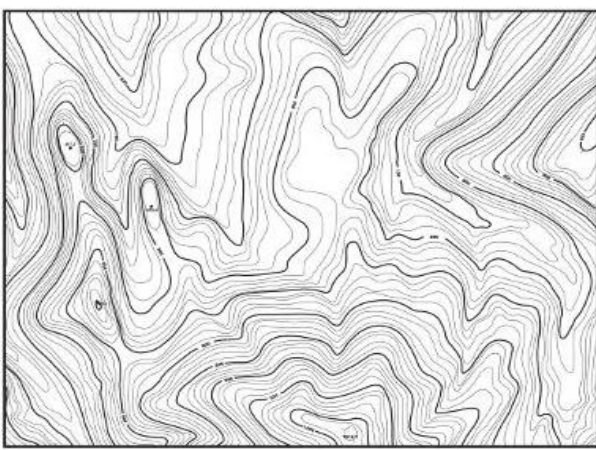
12.1 Alcance

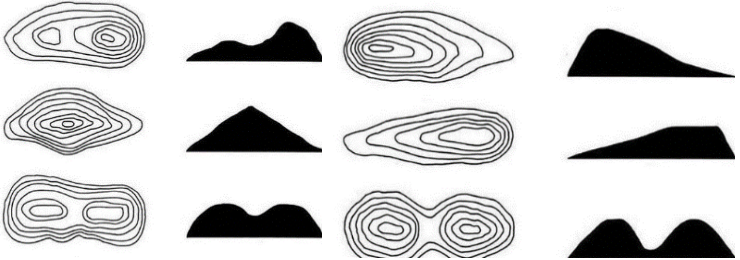
Los siguientes criterios de fiscalización se aplican a todos los productos cartográficos que incorporen curvas de nivel obtenidas mediante restitución fotogramétrica o levantamientos topográficos. En contraste, las curvas de nivel generadas automáticamente a partir de modelos digitales no serán objeto de fiscalización, dado que no reflejan de manera fidedigna la morfología real del terreno. No obstante, sobre estas se llevará a cabo una revisión topológica y control de calidad conforme a la tabla 7.

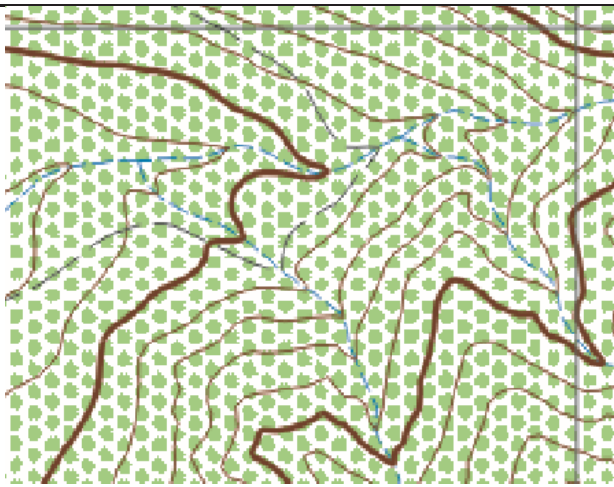
12.2 Criterios para el control de calidad de curvas de nivel (Verificación Geométrica)

A continuación, la tabla 7, detalla los criterios de control de calidad que se verificará dentro del proceso de fiscalización de curvas de nivel a diferentes escalas.

Tabla 7: Criterios que serán evaluados para el control de calidad de CN

Exactitud vertical	componente	Esta variable no será fiscalizable para curvas de nivel
Equidistancia uniforme		- Las curvas deben mantener una equidistancia constante en toda el área del mapa. - No deben aparecer curvas adicionales o faltantes que no correspondan a la lógica del relieve.  <i>Figura 1: Representación de cortes geológicos</i>
Continuidad de curvas		- Las curvas de nivel deben ser líneas cerradas o conectadas; no deben presentar cortes, interrupciones o desplazamientos injustificados. - Las curvas que llegan al borde del mapa deben coincidir con las del mapa contiguo (si aplica).  <i>Figura 2: Ejemplo de curva de nivel que representa un perfil topográfico.</i>
Representación topográfica coherente		- Las curvas deben reflejar fielmente la morfología del terreno (valles, lomos, pendientes, depresiones). - No deben existir formas imposibles como "curvas que se cruzan", "espaguetis" o patrones contradictorios (como depresiones dentro de cumbres).

	 <i>Figura 3: Gráfico representativo del uso de curvas de nivel</i>
Intersección con otros elementos (retornadores y zonas urbanas)	Para asegurar una representación topográfica precisa y coherente del terreno, es fundamental que las curvas de nivel mantengan una relación geométrica y lógica adecuada con otros elementos geográficos presentes en la cartografía. Ríos y drenajes: Las curvas de nivel no deben intersectar de manera incorrecta con los cursos de agua. En las zonas de intersección, las curvas deben generar retornadores en forma de “V”, orientados hacia la cota más alta, lo cual refleja correctamente la dirección del flujo del agua y la configuración del relieve. Este comportamiento geomorfológico garantiza la correspondencia entre el modelo altimétrico y la red hidrográfica, evitando incongruencias visuales o altitudinales que distorsionen la lectura del terreno. Zonas urbanas y edificaciones: En áreas urbanizadas, las curvas de nivel deben ajustarse cuidadosamente a la morfología del terreno, evitando pasar sobre construcciones o infraestructuras sin justificación técnica o geométrica. Cuando sea necesario representar pendientes o elevaciones dentro de entornos urbanos, deben emplearse criterios de suavizado o generalización que mantengan la coherencia altimétrica y visual del entorno construido, sin comprometer la fidelidad del relieve.

	 Figura 4: Carta Sangolqui escala 1:25000, donde se visualiza la forma de los retornadores en la curva de nivel
Control horizontal (planimétrico)	• Verificar que las curvas estén bien ubicadas en coordenadas X, Y según el sistema de referencia usado (UTM, WGS84, GRS 80, SIRGAS etc.). • Coherencia espacial con elementos naturales o artificiales (ríos, caminos, edificaciones).  Figura 5: Carta Sangolqui escala 1:25000

12.3 Parámetros de evaluación de Calidad de curvas de nivel

Los parámetros de evaluación de la calidad se basan en lo establecido por la norma ISO TC 211 - 19157, e incluyen los siguientes componentes: completitud, consistencia lógica y exactitud temática. se describen a continuación:

- **Errores de Compleción:** existencia de omisiones o comisiones

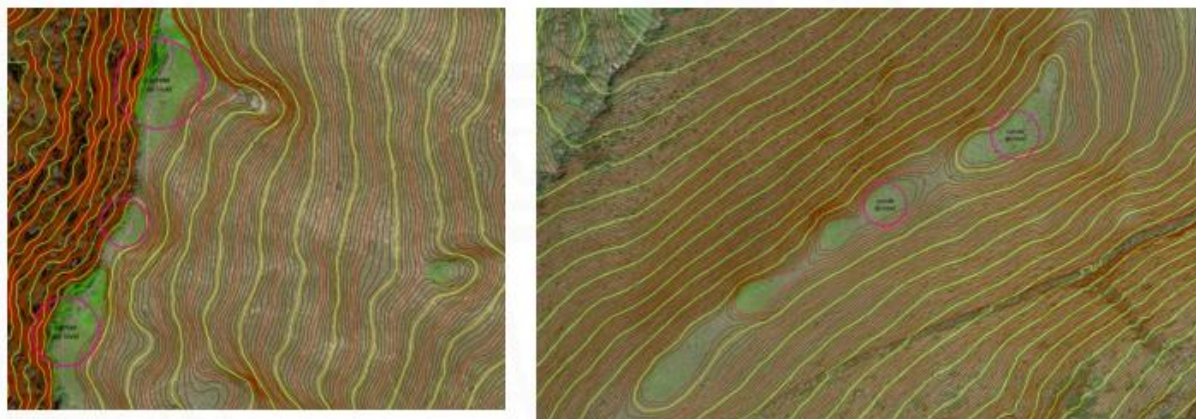


Figura 6: Omisión de curvas de nivel

- **Consistencia lógica:** Revisión de reglas topológicas y relación espacial entre los objetos de la base de datos (vialidad, hidrografía, varios).

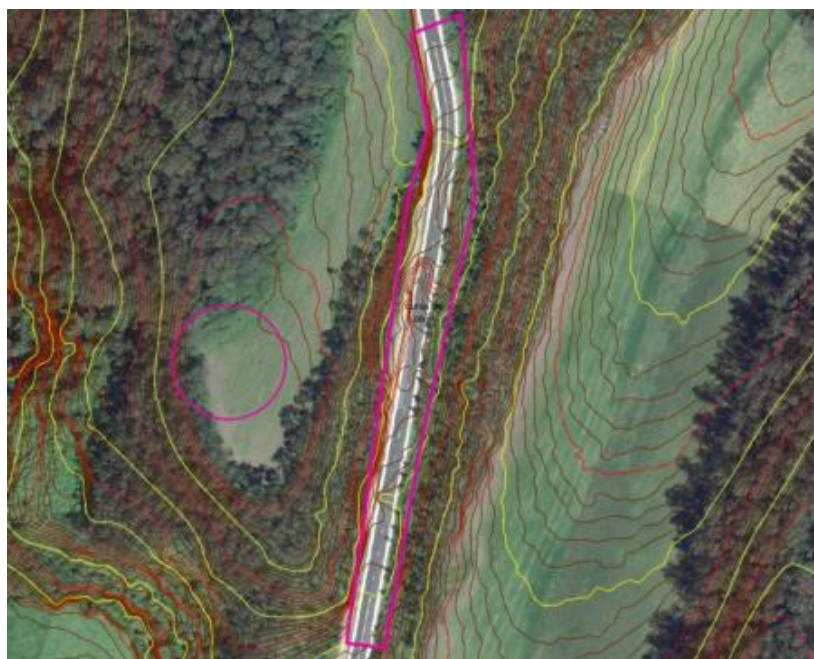


Figura 7: Mal trazo en relación con la vialidad

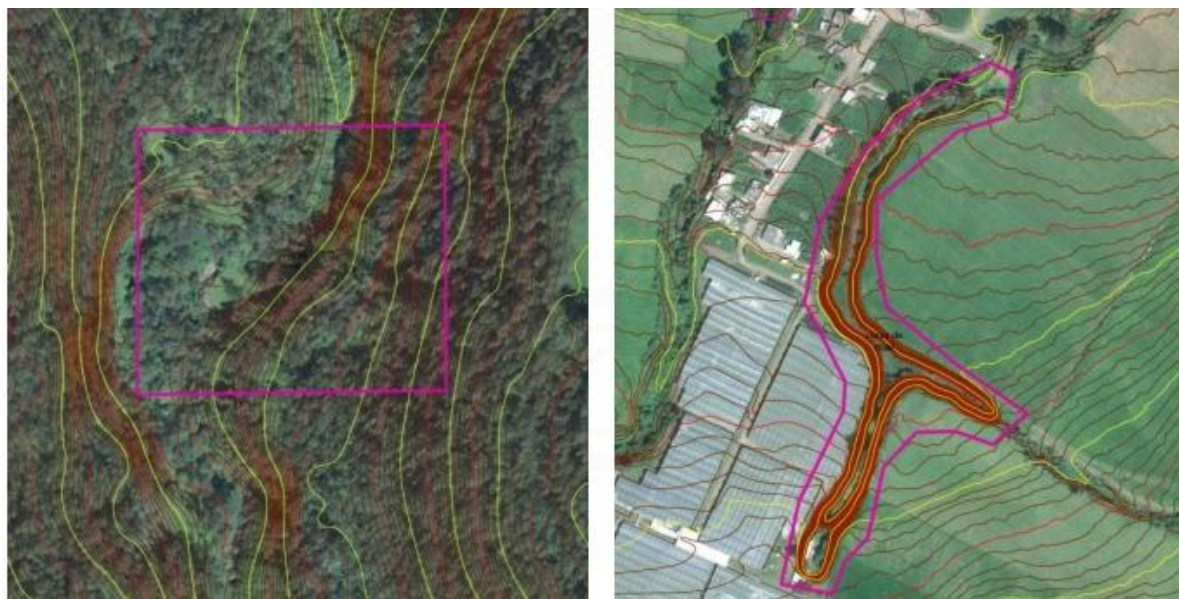


Figura 8: Mal trazo en relación con los elementos hidrológicos



Figura 9: Error topológico (curvas de nivel que se cruzan)

- **Exactitud temática:** la información presentada debe ser la representación exacta del terreno y de forma consistente con la catalogación de las curvas de nivel entregadas.

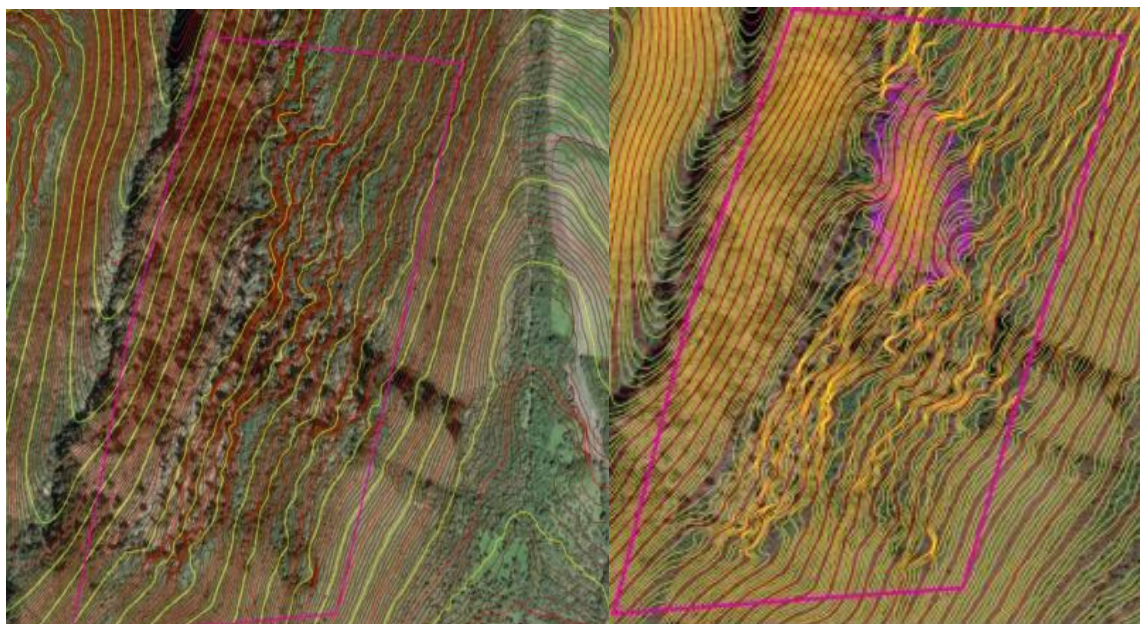


Figura 10: Error en la representación del terreno (curvas de nivel forman vegetación inexistente)

La revisión de estos parámetros se aplicará a toda la información contenida en cada una de las unidades definidas en el muestreo. Se analizará la relación espacial dentro de cada cobertura y entre diferentes coberturas, utilizando herramientas de software SIG. La inspección visual de las muestras se realizará a una escala equivalente a $\frac{1}{4}$ de la escala de trabajo, mientras que la revisión topológica será independiente de la escala.

Para la aprobación o rechazo del proyecto, se cuantificará el total de errores detectados en cada hoja de muestreo, así como el número de hojas aprobadas o rechazadas, conforme a los siguientes criterios:

- **Criterio por errores en hoja de muestreo:** El número de errores detectados en una hoja de muestreo no deberá superar el 10% del total de objetos cartográficos representados en dicha hoja. Por ejemplo, si una hoja contiene 250 objetos, se permitirá un máximo de 25 errores, los cuales deben estar en concordancia con los lineamientos definidos en la norma ISO 19157 sobre calidad de datos geográficos.
- **Criterio por número de hojas:** Se evaluará con un nivel de confianza del 90% y un Nivel de Calidad Aceptable (AQL) del 1.5, de acuerdo con lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 2859-1:2009.

En caso de identificarse inconsistencias repetitivas en las coberturas a lo largo del proyecto, estas serán clasificadas como errores sistemáticos. Bajo esta condición, no se aplicará la norma NTE INEN-ISO 2859-1:2009, y el proyecto será rechazado automáticamente, al igual que si se detectan omisiones de coberturas con respecto a lo estipulado en los Términos de Referencia (TDR).

12.4 Muestreo

Para definir el tamaño de la muestra de la población (es decir, la cantidad de hojas a evaluar), se aplicará la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 2859-1:2009, utilizando el nivel de inspección “reducido”, que ofrece un criterio de aceptación suficiente para asegurar la calidad promedio de los productos cartográficos generados.

La selección de hojas que formarán parte de la muestra se realizará mediante un muestreo aleatorio estratificado, con el objetivo de garantizar una evaluación representativa y equitativa del conjunto de hojas a inspeccionar. La selección se llevará a cabo dentro de una grilla escalada, en función de la escala del producto. Por ejemplo:

- Para productos a escala 1:1.000, se considerará una grilla de 15 segundos
- Para productos a escala 1:5.000, se considerará una grilla de 75 segundos (1 minuto 15 segundos)
- Y así sucesivamente, en proporción a la escala correspondiente.

12.5 Fuente de los datos base

El control de calidad se aplicará a las curvas de nivel generadas por:

- Restitución fotogramétrica
- Levantamientos topográficos directos

13. REFERENCIAS

American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS), 2014. Accuracy Standards for Digital Geospatial Data. Edición 2014

Instituto Geográfico Militar. (2024). Fiscalización de la exactitud posicional en la componente vertical en productos cartográficos (Versión 2.0). Dirección de IIIDE, Normalización y Archivo Nacional, Departamento de Geodesia.

National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA). (1998). Geospatial Positioning Accuracy Standards Part 3: *National Spatial Data Infrastructure*, 28.<http://www.fgdc.gov/standards/projects/FGDC-standards-projects/accuracy/part3/chapter3>

Instituto Geográfico Militar. (2022). Protocolo de fiscalización para proyectos de generación de cartografía base con fines catastrales a escala 1:1 000, obtenida a través de métodos: aerofotogramétrico, digitalización 2D sobre ortofoto, levantamiento LIDAR o nube de puntos mediante fotogrametría (Versión 5.0). Dirección de IIIDE, Normalización y Archivo Nacional

Instituto Geográfico Militar. (2024). Informe de fiscalización “Curvas de nivel producto

1:5 000 – Fortalecimiento del sistema único integral de base de datos municipal – contratación de servicios cartográficos del Cantón Rumiñahui” (primera y segunda revisión), Dirección Cartográfica.

Figura 1 “Representación de cortes geológicos” Universidad de Sonora, Geología Marina. (s. f.). Representación de cortes geológicos [Documento PDF]. Recuperado de <https://marina.geologia.uson.mx/academicos/ochoa/CURSO%20DE%20CARTOGRAFIA%20K18-1/PRESENTACION%20A%20GRUPO/REPRESENTACION%20DE%20CORTE S%20GEOLOGICOS.pdf>

Figura 2 “Ejemplo de curva de nivel que representa un perfil topográfico”:
Pena, R. F. A. (s. f.). *Exemplo de curva de nivel que representa um perfil topográfico* [Figura]. En *Curvas de nivel e representação topográfica*. Recuperado de <https://www.preparaenem.com/geografia/curvas-nivel-representacao-topografica.htm>

Figura 3 Redacción Geo Sensori. (2019, 20 de mayo). *Gráfico representativo del uso de curvas de nivel* [Figura]. En *O uso das curvas de nivel*. Recuperado de <https://www.geosensori.com.br/2019/05/20/curvas-de-nivel-ponto-crucial-em-um-projeto/>

Figura 4 y 5 Instituto Geográfico Militar. (2009). *Carta topográfica de Sangolquí* (Escala 1:25.000) [Mapa en formato PDF]. Instituto Geográfico Militar.

USGS – National Geospatial Program LIDAR Base Specification v2.1 (2020)

Documento elaborado por:

 Firmado electrónicamente por: LIZBETH LORENA JIMENEZ PEREZ Validar únicamente con FirmaEC Ing. Lizbeth Jiménez IGM –DIRECCIÓN CARTOGRÁFICA	 Firmado electrónicamente por: JORGE RAINIERO ESTRELLA SALVADOR Validar únicamente con FirmaEC Ing. Rainiero Estrella IGM –DINAN	 Firmado electrónicamente por: VANESSA PAOLA TENORIO DIAZ Validar únicamente con FirmaEC Ing. Vanessa Tenorio IGM –DIRECCIÓN CARTOGRÁFICA
--	---	--

Documento revisado por:



Firmado electrónicamente por:
JULIO ANDRES
CEVALLOS ESCOBAR
Validar únicamente con FirmaEC

MAYO E. Julio Cevallos
DIRECTOR DE IIDE, NORMATIVA Y ARCHIVO NACIONAL (DINAN)



Firmado electrónicamente por:
FREDDY OSWALDO
ROMERO MICHILENA
Validar únicamente con FirmaEC

TCRN EM. Freddy Romero
JEFE DE LA DIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA OFICIAL

Documento validado por:



Firmado electrónicamente por:
AUGUSTO MARCELO
TORRES GARZON
Validar únicamente con FirmaEC

TCRN EM. MARCELO TORRES
SUBDIRECTOR DE IGM

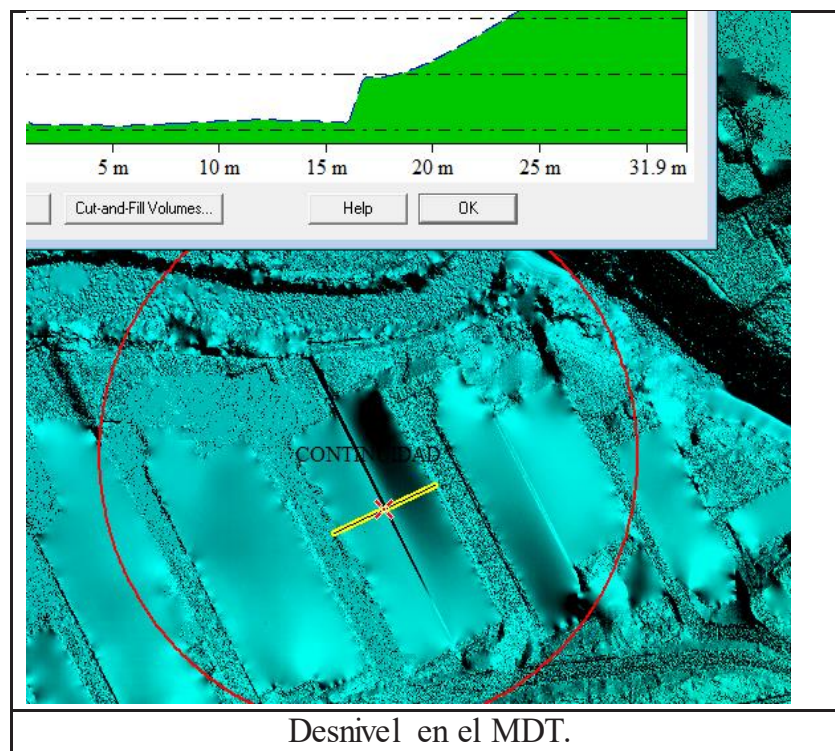
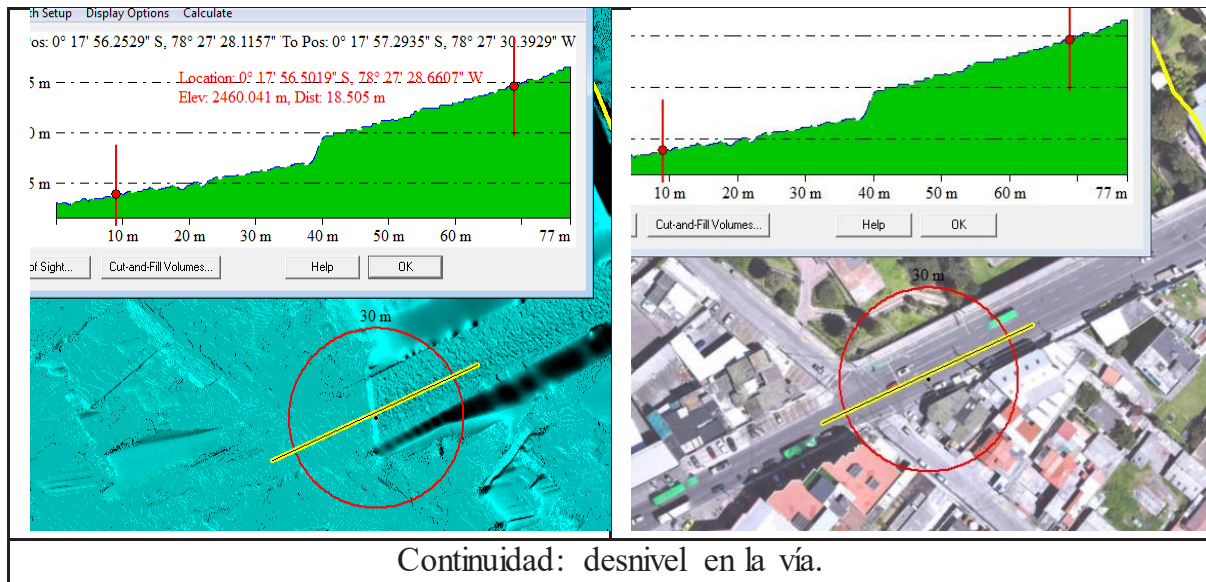
Documento aprobado por:

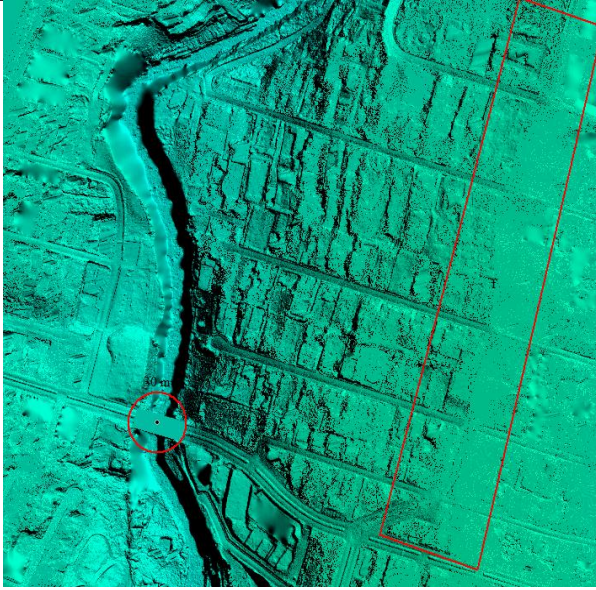
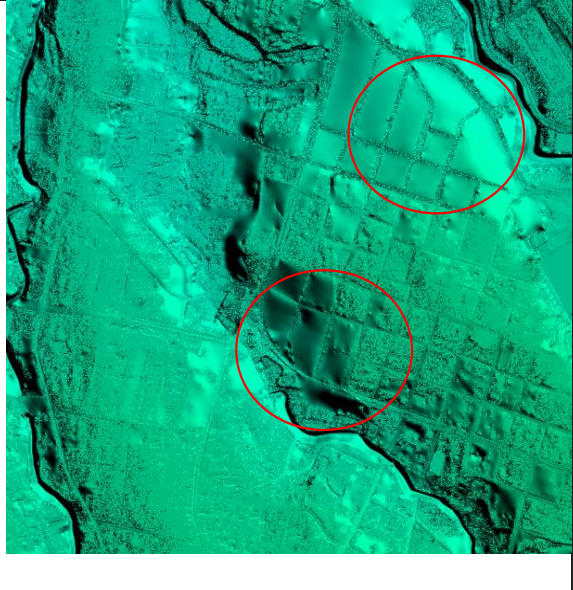


Firmado electrónicamente por:
HUGO FERNANDO
AVILES LEON
Validar únicamente con FirmaEC

CRNL EMC. HUGO FERNANDO AVILÉS L.
DIRECTOR DE IGM

ANEXO 1: Errores de continuidad en el MDT



	
Continuidad: no hay definición de los objetos a nivel del terreno (Ej. ejes viales) Elementos: en el MDT no se debería disponer de puentes, en algunos sectores fueron eliminados y en otros no.	Diferentes métodos de interpolación verificar, la interpolación debe ser uniforme



Mgs. Jaqueline Vargas Camacho
DIRECTORA (E)

Quito:
Calle Mañosca 201 y Av. 10 de Agosto
Atención ciudadana
Telf.: 3941-800
Ext.: 3134

www.registroficial.gob.ec

MG/PC

El Pleno de la Corte Constitucional mediante Resolución Administrativa No. 010-AD-CC-2019, resolvió la gratuidad de la publicación virtual del Registro Oficial y sus productos, así como la eliminación de su publicación en sustrato papel, como un derecho de acceso gratuito de la información a la ciudadanía ecuatoriana.

"Al servicio del país desde el 1º de julio de 1895"

El Registro Oficial no se responsabiliza por los errores ortográficos, gramaticales, de fondo y/o de forma que contengan los documentos publicados, dichos documentos remitidos por las diferentes instituciones para su publicación, son transcritos fielmente a sus originales, los mismos que se encuentran archivados y son nuestro respaldo.