



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	3
2. OBJETIVO	4
3. ALCANCE	4
4. DEFINICIONES GENERALES	4
5. SIGLAS ACRÓNIMOS	6
6. REFERENCIAS CON OTRAS NORMAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ...	6
7. INTRODUCCIÓN	6
8. INSUMOS	7
8.1 Levantamiento LIDAR o nube de puntos mediante fotogrametría.	7
9. CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL PROCESO DE FISCALIZACIÓN	8
10. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	9
10.1 Resolución espacial del Modelo digital de Elevaciones	9
10.2 Exactitud posicional de la componente vertical para MDT	9
11. CONTROL DE CALIDAD DE MDT Y MDS	11
11.1 Primera Etapa – Calidad del MDT – MDS	11
11.1.1 Consideraciones específicas según tipo de modelo	12
11.2 Segunda Etapa – Exactitud Posicional	15
11.3. Muestreo para toma de puntos en ortofotos y MDT	15
12. CONTROL DE CALIDAD PARA CURVAS DE NIVEL	16
12.1 Alcance	16
12.2 Criterios para el control de calidad de curvas de nivel (Verificación Geométrica)	16
12.3 Parámetros de evaluación de Calidad de curvas de nivel	19
12.4 Muestreo	23
12.5 Fuente de los datos base	23
13. REFERENCIAS	23



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 geoespaciales” (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.

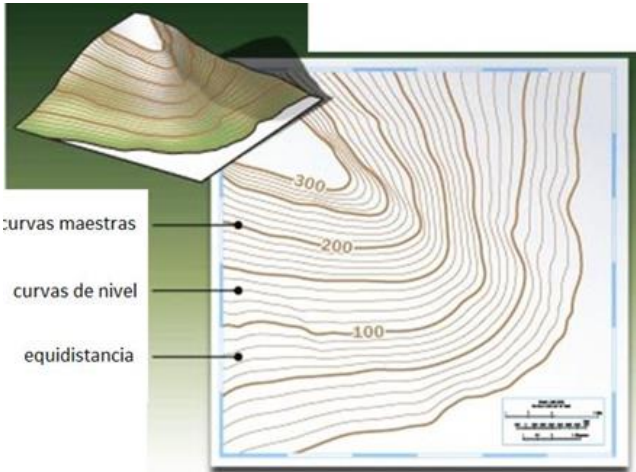
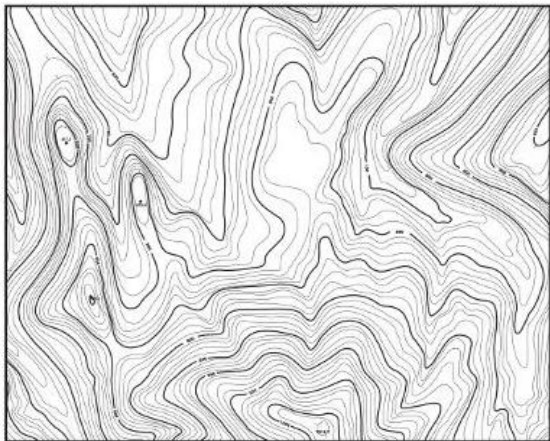
12.1 Alcance

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).



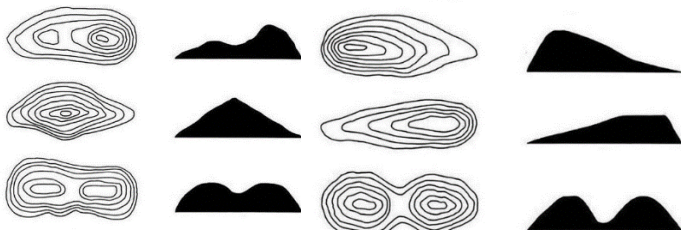
	 Figura 3: Gráfico representativo del uso de curvas de nivel
Intersección con otros elementos (retornadores y zonas urbanas)	Para asegurar una representación topográfica precisa y coherente del terreno, es fundamental que las curvas de nivel mantengan una relación geométrica y lógica adecuada con otros 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 Sangolquí 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 Sangolquí 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

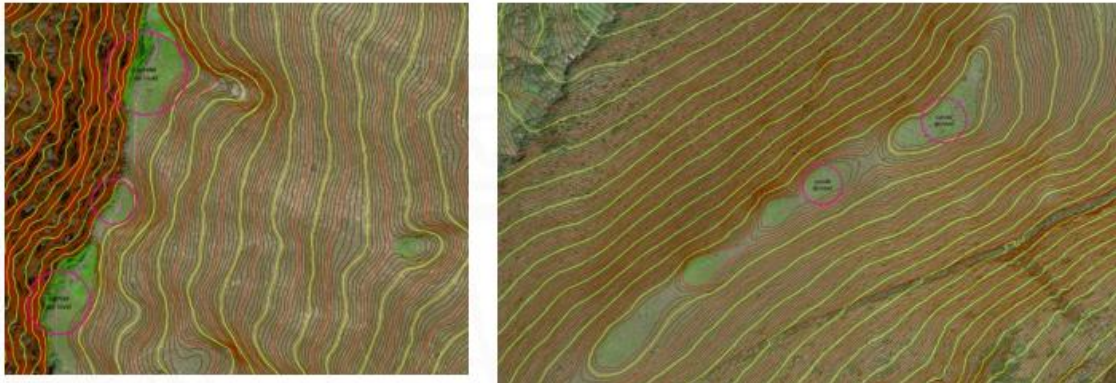


Figura 6: Omisión de curvas de nivel

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

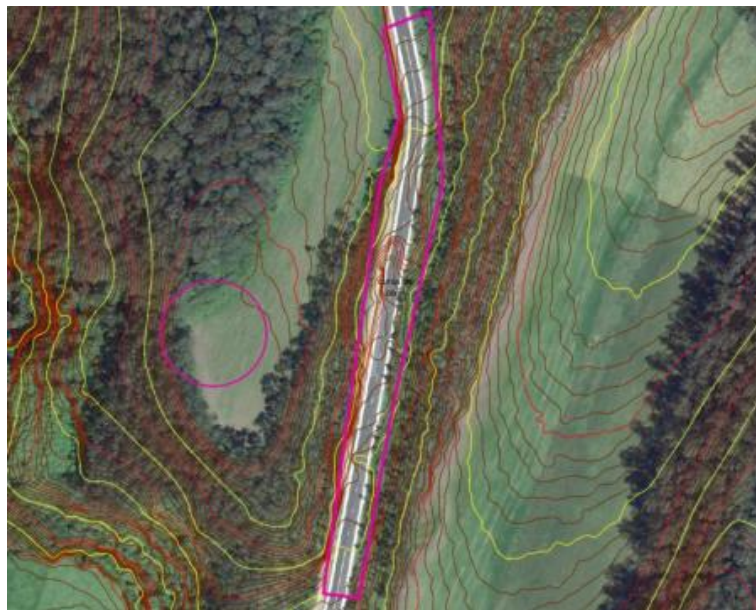


Figura 7: Mal trazo en relación con la vialidad



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.

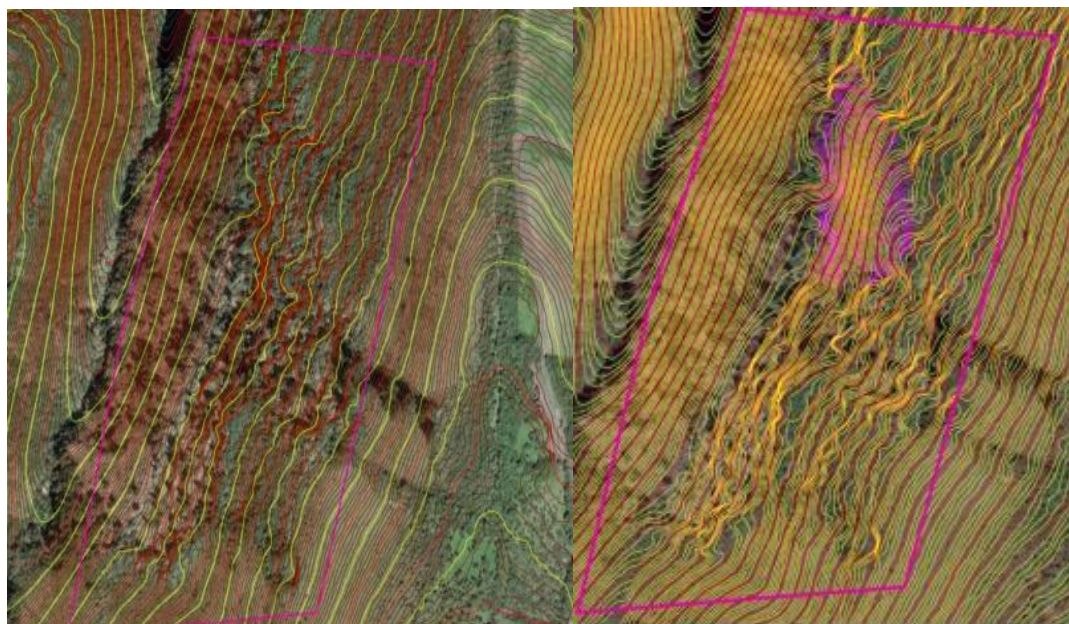


Figura 10: Error en la representación del terreno (curvas de nivel forman vegetación inexistente)

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 IIDE, 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 IIDE, 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%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)



MINISTERIO DE
DEFENSA
NACIONAL



INSTITUTO
GEOGRÁFICO
MILITAR

Documento elaborado por:

Ing. Lizbeth Jiménez IGM –DIRECCIÓN CARTOGRÁFICA	Ing. Rainiero Estrella IGM –DINAN	Ing. Vanessa Tenorio IGM –DIRECCIÓN CARTOGRÁFICA
---	--	---

Documento revisado por:

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

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

Documento validado por:

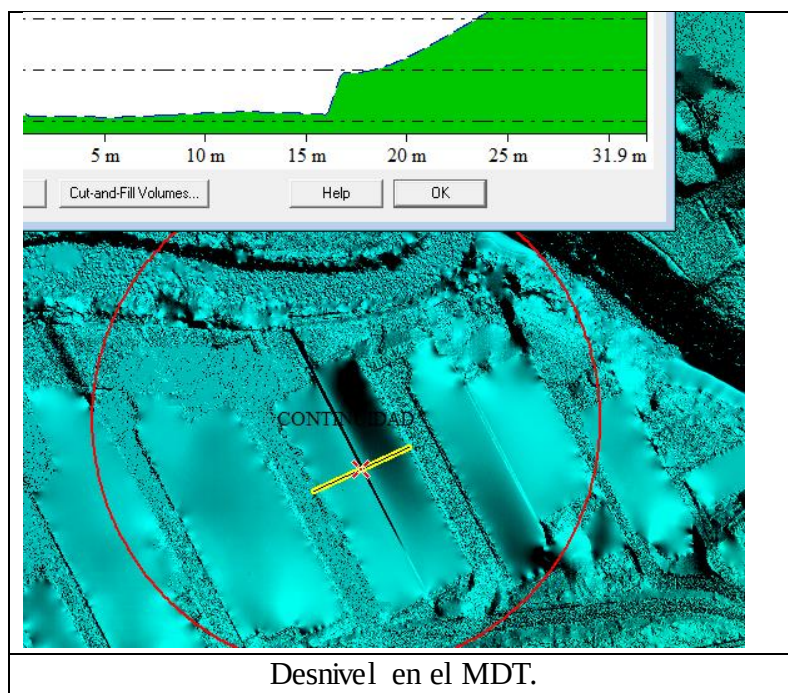
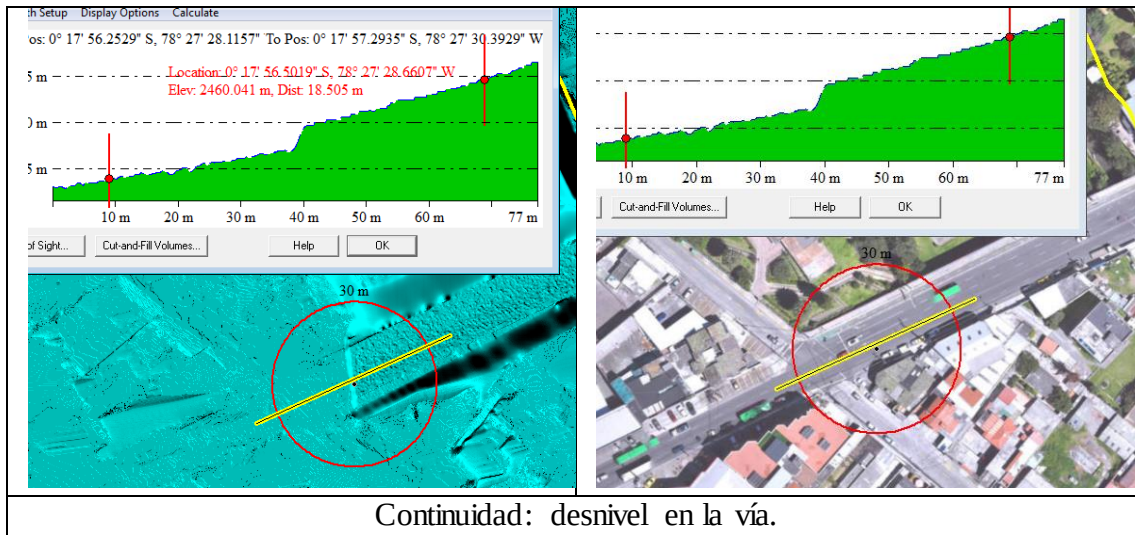
TCRN EM. MARCELO TORRES
SUBDIRECTOR DE IGM

Documento aprobado por:

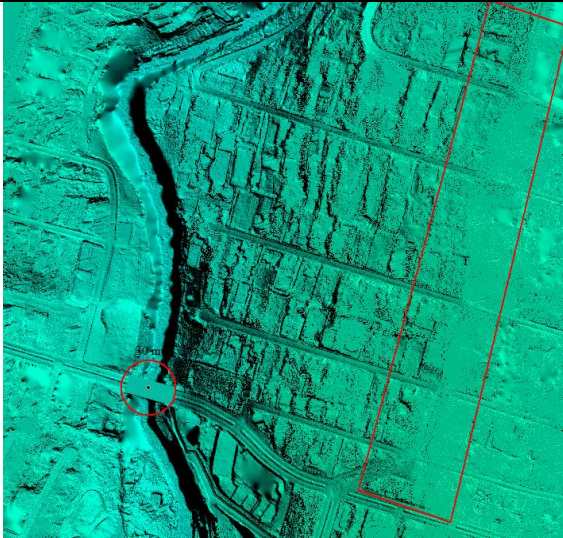
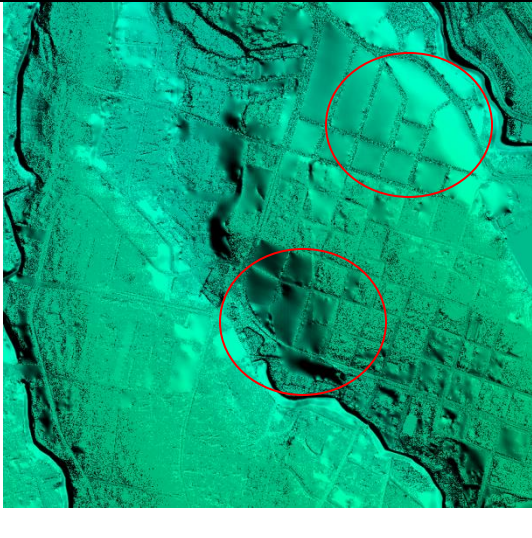
CRNL EMC. HUGO FERNANDO AVILÉS L.
DIRECTOR DE IGM



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