

**SECRETARÍA DE TERRITORIO, HÁBITAT Y VIVIENDA**

**DIRECCIÓN METROPOLITANA DE POLÍTICAS Y PLANEAMIENTO DEL SUELO**

**UNIDAD DE GEOMÁTICA**

**METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD DE LA CARTOGRAFÍA**

**VERSIÓN 1.0**

**QUITO – ECUADOR**

**ABRIL 2023**

## CONTENIDO

1.	Introducción .....	3
2.	Objetivo .....	4
3.	Alcance .....	4
4.	Referencias normativas.....	4
5.	Términos y definiciones .....	5
6.	Abreviaturas .....	6
7.	Marco conceptual .....	6
7.1.	Evaluación y control de la calidad de los datos.....	6
7.2.	Elementos y subelementos de calidad de los datos .....	7
7.3.	Proceso para evaluar la calidad de los datos .....	11
8.	Datos de referencia para la evaluación.....	12
9.	Características del recurso humano.....	13
10.	Metodología .....	13
10.1.1.	Primer método de evaluación.....	13
10.1.2.	Segundo método de evaluación.....	14
10.2.	Tamaño de la muestra.....	15
10.3.	Selección de la muestra.....	17
10.4.	Bases de datos y área de trabajo .....	18
10.5.	Automatización y organización del proceso de evaluación y control de calidad.....	21
10.6.	Evaluación y control de calidad.....	22
11.	Resultados .....	26
11.1.	Control de calidad de la cartografía .....	26
11.2.	Evaluación de la cartografía .....	28
12.	Conclusiones.....	30
13.	Recomendaciones .....	31
14.	Referencias.....	31

## 1. Introducción

La gestión de la información geográfica ha evolucionado con el avance tecnológico y la automatización de los procesos, tal es así, que en la actualidad la geoinformación se ha convertido en uno de los insumos principales para dar solución y tomar decisiones en diferentes dimensiones y sectores. Por lo tanto, es necesario que los datos sean íntegros y reflejen la realidad bajo estándares de calidad que evalúen la calidad del dato y permitan eliminar la incertidumbre en el usuario de contar o no con información confiable y veraz.

La Dirección Metropolitana de Políticas y Planeamiento del Suelo (DMPPS) de la Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda (STHV), en el ámbito de sus atribuciones genera información geográfica principalmente para la planificación territorial del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ); sin embargo, no toda la información cuenta con una correcta estructuración y control de calidad adecuada.

Es por esta razón, que la Unidad de Geomática ha considerado la implementación de una metodología de evaluación y control de calidad de la información geográfica tomando como referencia las especificaciones de la norma “Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1: Esquemas de muestreo indexados por aceptación de límite de calidad (AQL) para la inspección lote por lote” (ISO, 1999) y las normas de calidad correspondientes a la familia 19000 de la Organización Internacional de Normalización (ISO), especialmente la ISO 19157 que describe la calidad del dato en la información geográfica y determina la evaluación bajo criterios de elementos de calidad como son: Completitud, consistencia lógica, precisión posicional, precisión temática, calidad temporal y usabilidad.

Para lo cual, se ha planteado la evaluación bajo dos métodos: 1) inspección completa (100 %) de los elementos de calidad, dirigida a los productores de la información y fiscalizador del proyecto y, 2) inspección por muestreo y criterios de aceptación, relacionada al uso del técnico encargado del control de calidad de la información como parte del proceso de Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), con el fin de ejercer un control en los procesos de producción y eliminar errores groseros, aleatorios y sistemáticos.

De acuerdo al porcentaje de cumplimiento de los elementos y subelementos de control de calidad, se obtiene el resultado de la evaluación y control de calidad de los objetos geográficos que intervienen en la muestra de todo el conjunto de datos. Donde, el nivel de conformidad de calidad

de la información está determinada por las cinco clases propuestas en la “Metodología para el control de calidad y evaluación de la cartografía” elaborada por el Instituto Geográfico Militar (IGM) del Ecuador (Pavón et al., 2021), dichas clases fueron adaptadas de las Especificaciones Topográficas para la Evaluación de mapas impresos topográficos del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) (IPGH, 1978).

Estas cinco clases de aceptación de la calidad, categorizan a la información de excelente (Clase A-1) a Mala (Clase C-1), con una definición de su uso entre adecuado e inadecuado, respectivamente.

De esta manera, el técnico generador de la información podrá conocer el ámbito de aplicación de la información y a la vez, realizar las correcciones necesarias para subir de categoría y mejorar la calidad de los productos.

## **2. Objetivo**

Implementar una metodología de evaluación y control de calidad para la información geográfica generada en la Dirección Metropolitana de Políticas y Planeamiento del Suelo de la Secretaría de Territorio Hábitat y Vivienda, con el fin de brindar productos confiables para su aplicación en la realidad, apoyar en la toma de decisiones y ser publicada de manera confiable y veraz en medios digitales para el conocimiento y uso del usuario en general.

## **3. Alcance**

La metodología de evaluación y control de calidad es aplicable a toda información geográfica que sea producida y/o generada en la Dirección Metropolitana de Políticas y Planeamiento del Suelo, con el fin de contar con geoinformación confiable y apta para su publicación. Por tanto, las autoridades, así como los técnicos deben velar por su estricto cumplimiento.

## **4. Referencias normativas**

La elaboración de esta metodología está vinculada principalmente con las especificaciones de las siguientes normas ISO:

19113: 2002	Información geográfica. Principios de calidad.
19114: 2003	Información geográfica. Procedimientos de evaluación de la calidad.
19115: 2003	Información geográfica. Metadato.
19157: 2013	Información geográfica. Calidad de los datos.

2859: 1999                    Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1: Esquemas de muestreo indexados por aceptación de límite de calidad (AQL) para la inspección lote por lote.

## 5. Términos y definiciones

Las siguientes definiciones han sido tomadas de los documentos elaborados por el IGM (2007) y CONAGE (2013), las cuales se detallan a continuación:

**Calidad:** Grado con el que un conjunto de características inherentes cumple los requisitos.

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

**Dato geográfico:** Dato con referencia implícita o explícita a una localización relativa a la Tierra. Han sido diseñados para almacenar las geometrías de los objetos y la información textual asociada a los mismos en bases de datos. Las geometrías (puntos, líneas, polígonos) no se pueden mezclar en un único archivo.

**Elemento de la calidad de datos:** Componente cuantitativo que documenta la calidad de un conjunto de datos.

**Escala:** Relación de medida de longitud en el mapa y su correspondencia en el terreno.

**Infraestructura de Datos Espaciales:** Es una iniciativa que reúne acuerdos políticos, tecnológicos, datos y servicios estandarizados que permiten el acceso e intercambio a diferentes niveles de uso de información geográfica.

**Metadato:** Información respecto del contenido, calidad, condición y otras características de los datos. Es la información documentada que describe los datos geográficos generados y constituye un archivo de información específica, medio a través del cual se conocerá la calidad de los datos.

**Modelo Semántico:** Comprende las relaciones geométricas y topológicas que se aplican a los objetos geográficos, es decir, las estructuras y dependencias implícitas de y entre objetos (IGM, 2016).

**Muestra:** Se refiere a la selección de elementos de una población y que representan a su totalidad.

**Nivel de conformidad de la calidad:** Valor umbral o conjunto de valores umbrales, para los resultados de la calidad de datos empleados para determinar lo bien que un conjunto de datos cumple con los criterios establecidos en sus especificaciones de producto o requisitos de usuario.

**Objeto geográfico:** Representación de un fenómeno del mundo real asociado con una localización en la superficie terrestre.

**Topología:** Relación que existe entre los objetos geográficos. Se utiliza fundamentalmente para garantizar la calidad de los datos de las relaciones espaciales representando objetos espaciales (entidades de punto, línea y área) como un gráfico subyacente de primitivas topológicas: nodos, caras y bordes.

## 6. Abreviaturas

DMQ	Distrito Metropolitano de Quito
IGM	Instituto Geográfico Militar
IDE	Infraestructura de Datos Espaciales
IPGH	Instituto Panamericano de Geografía e Historia
ISO	Organización Internacional de Normalización
DMPPS	Dirección Metropolitana de Políticas y Planeamiento del Suelo
PUGS	Plan de Uso y Gestión del Suelo
PUOS	Plan de Uso y Ocupación del Suelo
SIG	Sistemas de Información Geográfica
STHV	Secretaría de Territorio Hábitat y Vivienda

## 7. Marco conceptual

### 7.1. Evaluación y control de la calidad de los datos

La evaluación y control de la calidad de la información se refiere al proceso de análisis para detectar errores generados en la elaboración de cartografía, para garantizar que la información geográfica represente la realidad de manera correcta y completa (Ariza-López, 2013). Estos errores se pueden clasificar en:

- Error aleatorio: Ocurren de manera impredecible, siguiendo modelos estadísticos con una distribución de Gauss y aparecen por el simple hecho de generar datos (JCGM, 2012).
- Error sistemático: Corresponden a los errores constantes o varían de una forma predecible, siguen una función determinada y afectan todos los resultados de igual manera (JCGM, 2012).

- Error grosero: Este tipo de error es habitual en la elaboración de cartografía, pero se refiere a una equivocación como elementos duplicados, catalogación, etiquetado, codificación, desplazamiento, entre otros (Ariza-López et al., 2018).

Es por esta razón, que se puede evaluar la información geográfica bajo los criterios de los elementos de la calidad de los datos como: Exactitud posicional, exactitud temática, entre otros, que deben ser analizados con el criterio técnico correcto y en pleno conocimiento del uso o tratamiento final de la información (ISO, 2013). Para lo cual, en el proceso de evaluación se debe responder a las preguntas: Qué, cómo, cuándo, cuánto y dónde.

La información geográfica requiere de una manipulación e integración especial, considerando que es dependiente de la escala de generación, tiempo de captura de datos, dinamicidad en el tiempo, trabajos de campo, volumen, instrumentos de obtención, tecnología utilizada, capacidad técnica y nivel de conocimiento (Ariza-López et al., 2018).

De esta manera, los aspectos que determinan la calidad de los productos finales deben ser solucionados desde su inicio con la calibración de los equipos, insumos de calidad acordes a la escala de representación y el conocimiento del técnico especialista.

Finalmente, las especificaciones del producto sobre las cuales ha sido generado un dato geográfico son la clave para tener un parámetro de referencia en la evaluación y el control de calidad, la cual se debe ejercer con estándares superiores y precisiones mayores a la utilizada en la producción (Ariza-López et al., 2018). Además, toda la información generada por el área de producción debe estar integrada dentro de un sistema de gestión de la calidad.

## 7.2. Elementos y subelementos de calidad de los datos

Los elementos y subelementos de calidad de los datos se han determinado según la norma 19113 que se refiere a los elementos de calidad de los datos (ISO, 2002) y la ISO 19157 que describe la calidad de los datos mediante la definición de ciertas características (ISO, 2013) relacionadas a dichos elementos, los cuales se detallan a continuación y resumen en la Figura 1.

- a) **Completitud:** Corresponde a la presencia y ausencia de características, sus atributos y relaciones. Se clasifica en:
- *Comisión:* Cuando el conjunto de datos presenta exceso de datos.
  - *Omisión:* Datos ausentes de un conjunto de datos.

b) **Consistencia lógica:** Se define como el grado de adherencia a las reglas lógicas de estructura de datos, atribución y relaciones (la estructura de datos puede ser conceptual, lógica o física). Si estas reglas lógicas están documentadas en otro lugar (por ejemplo, en una especificación de producto de datos, catálogo de objetos geográfico), entonces se debe hacer referencia a la fuente (por ejemplo, en la evaluación de la calidad de los datos).

Se clasifica en:

- *Consistencia conceptual:* Adherencia a las reglas del esquema conceptual.
- *Consistencia de dominio:* Adherencia de valores a los dominios de valor.
- *Consistencia del formato:* Grado en que los datos se almacenan de acuerdo con la estructura física del conjunto de datos.
- *Consistencia topológica:* Corrección de las características topológicas codificadas explícitamente de un conjunto de datos.

✓ Reglas topológicas para líneas:

*Must not overlap:* En la misma cobertura, los elementos no deben superponerse.

*Must not intersect:* En la misma clase de entidad, las líneas no se deben cruzar ni superponer entre sí, se considera las excepciones.

*Must not have dangles:* Una entidad de línea debe tocar las líneas desde la misma clase de entidad en ambos extremos, garantizando la conexión. Se considera las excepciones.

*Must not have pseudo nodes:* Los elementos de una cobertura deben estar conectados, en cada extremo con otros elementos lineales, se considera las excepciones.

*Must not selft-overlap:* Las entidades de línea no se deben superponer entre sí.

*Must not selft-intersect:* Las entidades de línea no se deben cruzar entre sí.

*Must be single part:* Permite identificar líneas que no son única parte, y que deben estar formado parte de una misma línea. Se considera las excepciones.

*Must not intersect or touch interior:* Una línea en una clase de identidad debe tocar únicamente otras líneas de la misma clase de entidad en extremos. Cualquier segmento de línea en que las entidades se superpongan o cualquier intersección que no se produzca en un extremo es un error.

✓ Reglas topológicas para polígonos:

*Must not overlap:* el interior de los polígonos no se debe superponer, se considera excepciones de acuerdo a modelo semántico.

*Must not have gaps:* los polígonos no deben tener huecos o vacíos en su interior.

- ✓ Regla topológica para puntos:

*Must Be Disjoint*: los puntos deben estar separados espacialmente de otros puntos en la misma clase de entidad.

Se debe tomar en cuenta el modelo semántico de los objetos geográficos, es decir analizar y evaluar las relaciones existentes entre ellos y garantizar una lógica cartográfica (IGM, 2016).

**c) Precisión posicional:** Precisión de la posición de las características dentro de un sistema de referencia espacial. La posición afecta a la geometría, aspectos temáticos y topología (Ariza-López et al., 2018). Se clasifica en:

- *Precisión absoluta o externa*: Proximidad de los valores de las coordenadas informadas a los valores aceptados como verdaderos.
- *Precisión relativa o interna*: Proximidad de las posiciones relativas de las características en un conjunto de datos a sus respectivas posiciones relativas aceptadas como verdaderas.
- *Precisión posicional de los datos cuadrículados*: proximidad de los valores de posición espacial de los datos cuadrículados a los valores aceptados como verdaderos.

**d) Precisión temática:** Exactitud de los atributos cuantitativos y de la corrección de los atributos no cuantitativos y de las clasificaciones de las características y sus relaciones. Se clasifica en:

- *Corrección de la clasificación*: Comparación de las clases asignadas a las características o sus atributos con un universo de discurso (por ejemplo, verdad fundamental o datos de referencia).
- *Corrección de atributos no cuantitativos*: Medida de si un atributo no cuantitativo es correcto o incorrecto.
- *Precisión del atributo cuantitativo*: Proximidad del valor de un atributo cuantitativo a un valor aceptado como verdadero.

**e) Calidad temporal:** Corresponde a la calidad de los atributos temporales y las relaciones temporales de las características. Se clasifica en:

- *Precisión de tiempo de medición*: Proximidad de las medidas de tiempo notificadas a los valores aceptados como verdadero.
- *Coherencia temporal*: Corrección del orden de los acontecimientos.
- *Validez temporal*: Validez de los datos con respecto al tiempo.

**f) Usabilidad:** Corresponde a los requisitos del usuario. Todos los elementos de calidad pueden ser utilizados para evaluar la usabilidad. Se refiere a requisitos específicos del

usuario que no pueden describirse utilizando los elementos de calidad descritos anteriormente. En este caso, el elemento de usabilidad se utilizará para describir información de calidad específica sobre la idoneidad de un conjunto de datos para una aplicación particular o la conformidad con un conjunto de requisitos.

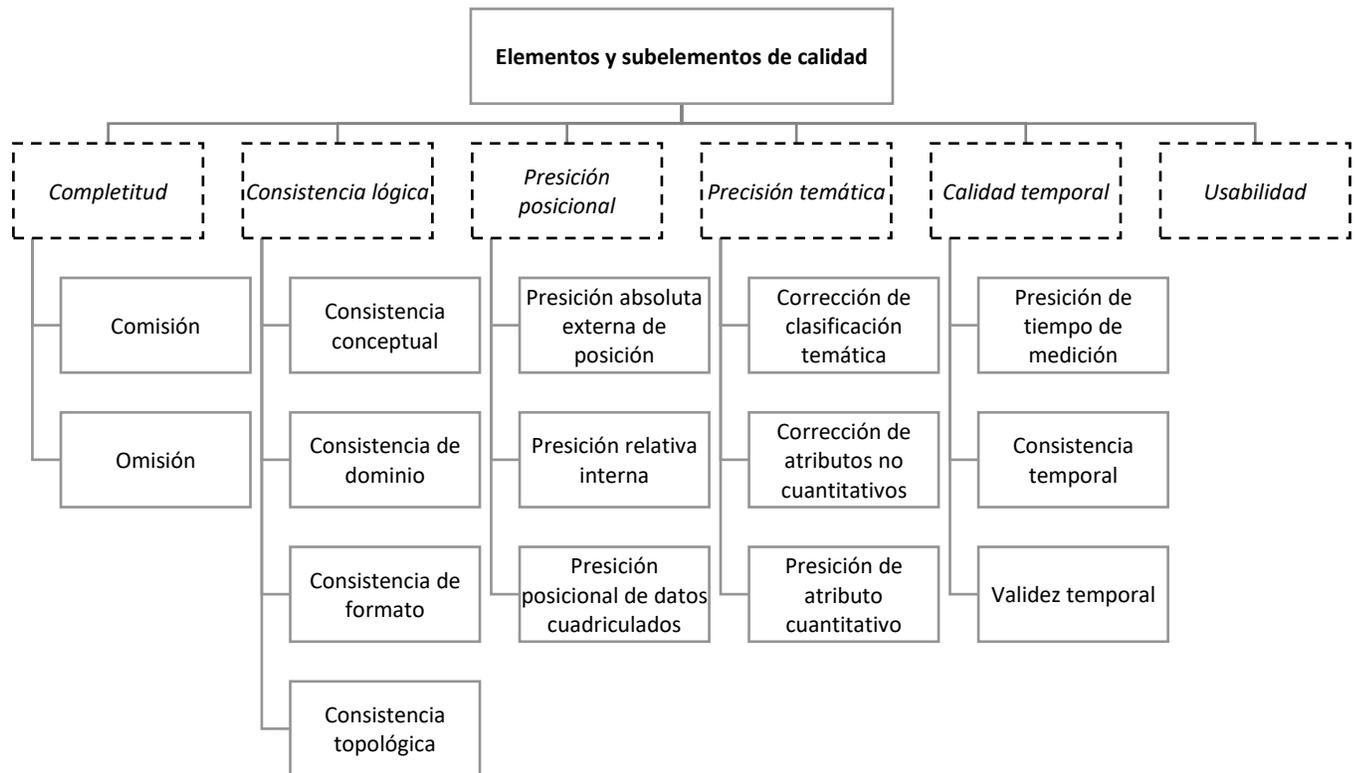


Figura 1. Esquema de elementos de calidad

Fuente: (ISO, 2013)

A estos elementos y subelementos es pertinente adicionar la evaluación de los metadatos, los cuales proporcionan información de interés y deben responder a las preguntas planteadas en el apartado 7.1. Los metadatos son el dato del dato y por ende deben dar respuesta sobre las fuentes de la producción, procesos utilizados en la producción de un conjunto de datos, entre otros aspectos (ISO, 2003).

### 7.3. Proceso para evaluar la calidad de los datos

El proceso para evaluar la calidad de los datos, comprende cuatro pasos generales (ISO, 2013) que se exponen a continuación y resumen en la Figura 2.

El Paso 1 corresponde a especificar la unidad de calidad de los datos a ser evaluados, dicha unidad se compone de un alcance y calidad, para lo cual, se debe tener conocimiento de las especificaciones del producto o requisitos a utilizarse sobre la base de los elementos y subelementos de calidad según el objeto geográfico o cartografía. Es decir, en el alcance se define la extensión espacial, temporal y característica que identifican los datos geográficos sobre los que se realizará la evaluación de calidad.

En el Paso 2 si el caso aplica, se especifica una medida para cada elemento de calidad de los datos. La ISO en la norma 19157 estandarizó dichas medidas en el Anexo D “Lista de medidas de calidad de datos estandarizados”.

En el Paso 3 que hace referencia a los procedimientos de evaluación de la calidad, se pueden utilizar uno o más métodos dependiendo de su finalidad.

En el Paso 4 se presenta los resultados de la evaluación sean cuantitativos o cualitativos (cuando no se ha podido definir una medida). Se discrimina el resultado con un nivel de conformidad. El nivel de conformidad se refiere a que deberá existir un nivel o niveles de conformidad que han de utilizarse para aceptar o rechazar el producto (Ariza-López et al., 2018).

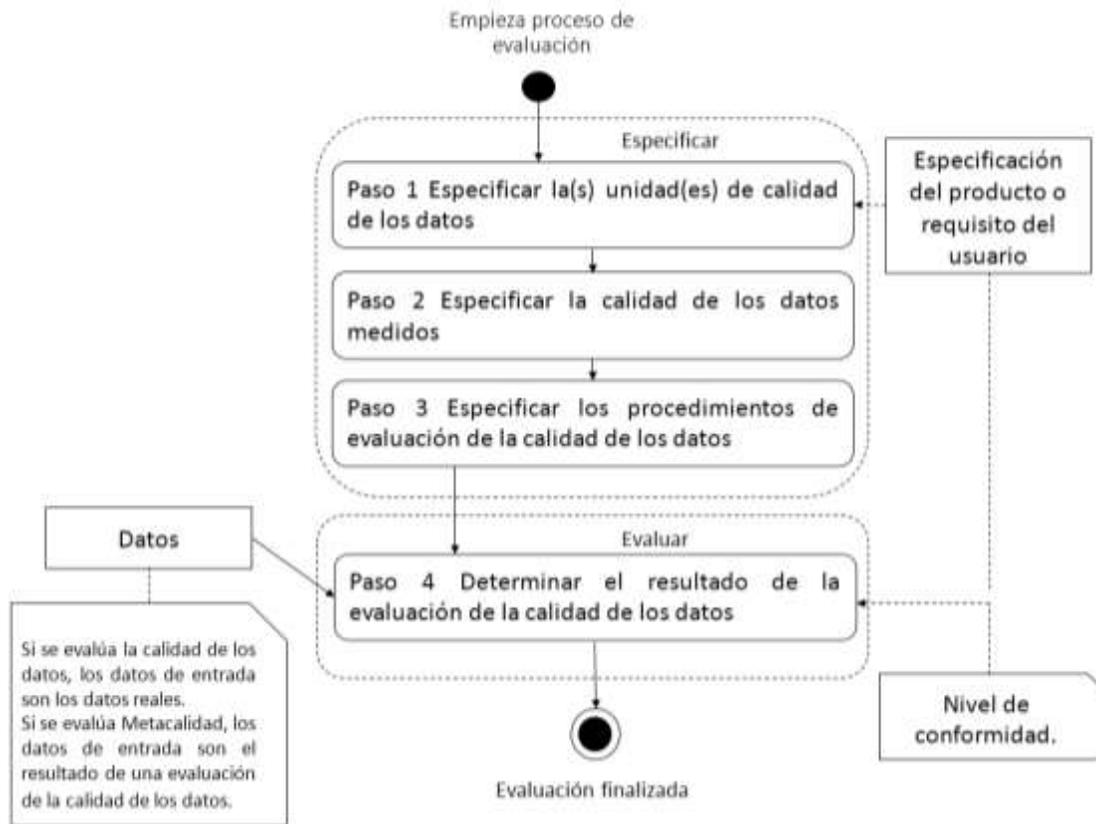


Figura 2. Pasos del proceso de evaluación de calidad

Fuente: (ISO, 2013)

## 8. Datos de referencia para la evaluación

Para una correcta evaluación y control de calidad de la información, se debe tener datos, insumos, herramientas y materiales, tales como:

- *Software* de Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Geodatabase de la información cartografía a ser evaluada.
- Ortofotografías y/o imágenes satelitales del área de estudio.
- Cartografía base y/o temática oficial de referencia del área de estudio.
- Archivo *shapefile* de la grilla para la selección de la muestra.
- Geodatabase de tamaño de muestra.
- Geodatabase de evaluación y control de calidad de los datos.
- Documentos legales, normativos, memoria técnica, metadato y especificaciones técnicas de la cartografía entregada para evaluación.
- Matrices para evaluación y control de calidad de la información geográfica.

## **9. Características del recurso humano**

Dependiendo del volumen de la información se requiere de personal capacitado en la evaluación y control de la información, los mismos que deben tener comprensión del proceso de evaluación, la capacidad y conocimiento técnico de identificación de errores y aciertos cartográficos.

## **10. Metodología**

### **10.1. Métodos de evaluación**

Este apartado contiene el detalle de los procedimientos a seguir para la evaluación y control de los elementos de calidad, los cuales han sido adaptados de las especificaciones de la norma ISO 19157 (ISO, 2013) y la metodología elaborada por el IGM del Ecuador (Pavón et al., 2021).

#### **10.1.1. Primer método de evaluación**

El primer método corresponde al 100 % de la evaluación y control de calidad de la geoinformación, es decir, no se evalúa bajo una muestra, sino, se analiza todo el conjunto de datos con la definición del porcentaje de cumplimiento de los elementos de calidad. Está dirigido al uso de los generadores de la información y al fiscalizador del proceso de producción (Figura 3).

En este método se debe considerar la capacidad técnica y el nivel de conocimiento con respecto a la temática que se está evaluando, así como también, se debe disponer de equipos, instrumentos de medición y recursos computacionales adecuados a la exactitud que se quiera obtener.

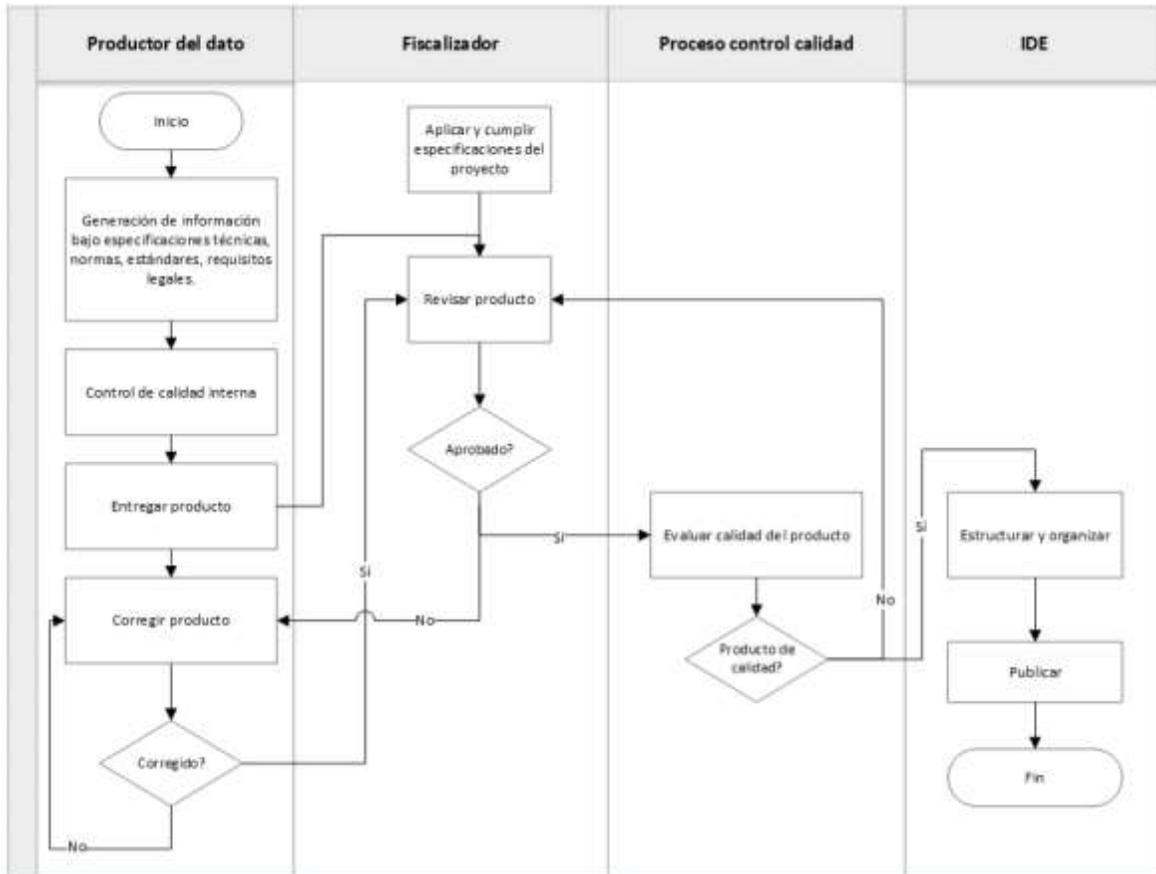


Figura 3. Flujo de trabajo de la Metodología de Evaluación y Control de calidad, primer método

Elaboración: Unidad Geomática, 2022.

### 10.1.2. Segundo método de evaluación

Este método está relacionado al uso del técnico encargado del control de calidad de la información como parte del proceso de la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE). Con el fin de ejercer un control en los procesos de producción y eliminar errores groseros, aleatorios y sistemáticos.

Con la recepción de la información sujeta a control de calidad y el tamaño de la muestra definida, la inspección en términos generales se realiza en cuatro pasos, que son: a) muestreo aleatorio simple; b) evaluación y control de los objetos geográficos que intervienen en la muestra; c) determinación del porcentaje de cumplimiento de los elementos de calidad; y d) presentación de los resultados bajo criterios de aceptación que categorizan el uso de la información (Figura 4).

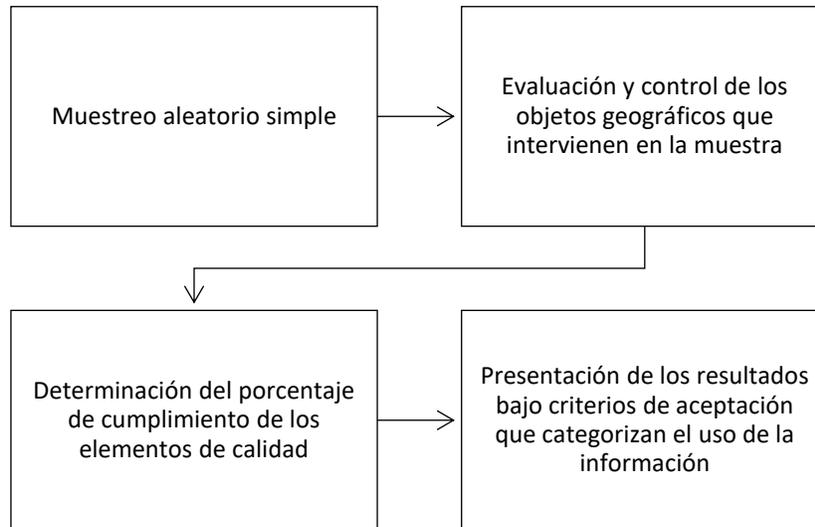


Figura 4. Flujograma de la Metodología de Evaluación y Control de calidad de datos

Elaboración: Unidad Geomática, 2022.

## 10.2. Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra se determina mediante la fórmula general para muestra finita, es decir cuando se conoce el valor de la población total (Ecuación 1).

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad (1)$$

Ecuación 1. Fórmula para tamaño de muestra finita

Donde;

**n** = Tamaño de la muestra.

**N** = Tamaño de la población total.

**Z** = Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza.

**p** = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito).

**q** = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado.

**e** = error de estimación.

De esta manera, tomando en cuenta que la metodología planteada por el IGM para el control de calidad de la cartografía base y temática pasó por estudios exhaustivos y considerando que los datos siguen una curva normal (coincidencia de las medidas de tendencia central), se adopta el nivel de confianza al 90 % ( $Z = 1.65$ ) y un intervalo de confianza del 10 % ( $e = 0.1$ ).

Para el tamaño de la población total (N) se selecciona al total de hojas de la cuadrícula según la escala que se esté trabajando (1: 1 000, 1: 5 000, entre otras) y el límite del área a evaluar, excluyendo las que coinciden con el borde del límite en estudio con el objetivo de minimizar muestras no representativas (Figura 5).

Si el área de estudio es el límite del DMQ, se deberá utilizar las hojas de cuadrícula correspondiente a la escala 1: 5 000 y para áreas específicas (planes urbanísticos complementarios) una cuadrícula a escala 1: 1 000 (Figura 6). Esto, debido a que la mínima unidad de análisis corresponde a la escala 1: 1 000 en el área urbana y a 1: 5 000 en el área rural. Además, la cuadrícula a escala 1: 5 000 permite tener una adecuada distribución muestral sobre la información a nivel Distrital y para las áreas específicas se requiere utilizar la cuadrícula a la escala 1: 1 000 para poder evaluar a mayor detalle por ser áreas más pequeñas.

En el caso de la probabilidad de ocurrencia (p) y probabilidad de no ocurrencia (q), se tomará el valor de 50 % para cada una, estableciéndose que el estudio de calidad podrá tener la misma probabilidad de ocurrencia (éxito) y no ocurrencia.

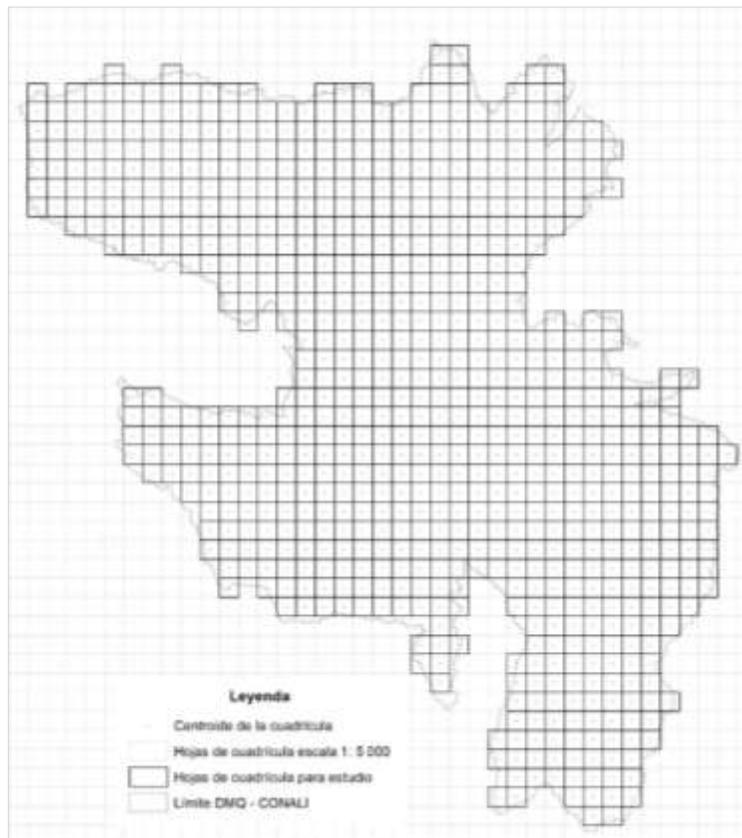


Figura 5. Hojas de cuadrícula (escala 1: 5 000), población total para límite DMQ

Elaboración: Unidad Geomática, 2022.

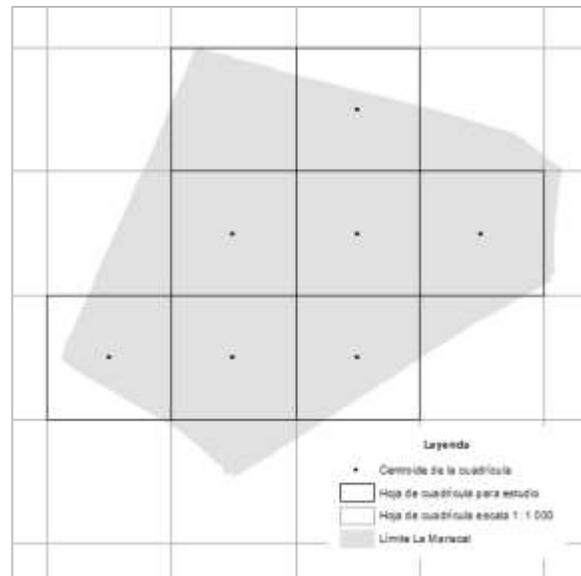


Figura 6. Hojas de cuadrícula (escala 1: 1 000), población total para límite La Mariscal

Elaboración: Unidad Geomática, 2022.

### 10.3. Selección de la muestra

Mediante herramientas de análisis espacial y geoprocésamiento en el ambiente de los SIG, se selecciona las hojas de la cuadrícula (población total) que cubren el límite en estudio excluyendo las hojas que coinciden con el borde del límite. Luego, se genera el centroide de cada hoja mediante una selección aleatoria (*create random points*). Finalmente, los puntos aleatorios resultantes se intersecan con las hojas de la cuadrícula para poder obtener las áreas muestrales a ser evaluadas. Este procedimiento se ha automatizado utilizando la herramienta *model builder* con el objeto de minimizar errores, tiempo y recursos (Figura 7).

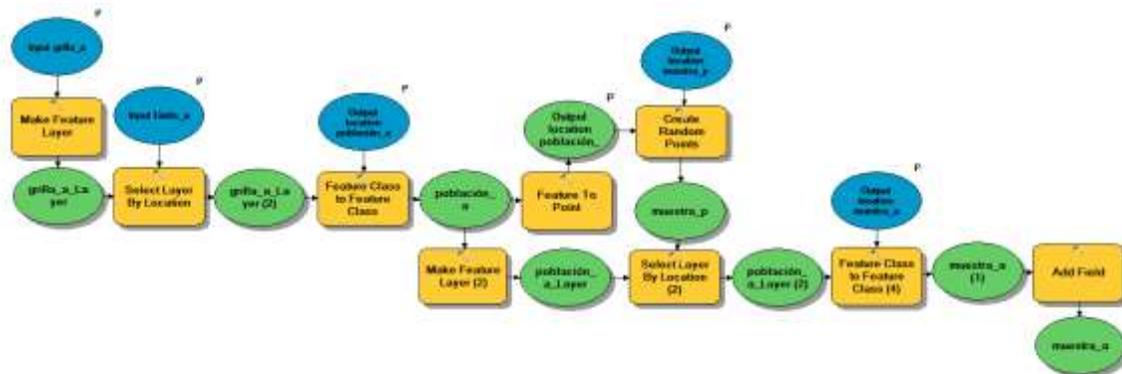


Figura 7. Automatización de tamaño y selección de muestra

Elaboración: Unidad Geomática, 2022.

Además, el modelo espacial puede ser utilizado mediante la herramienta personalizada en el *software* ArcGIS (

Figura 8) o exportado a lenguaje de programación *Python* para utilizarlo en *software* libre.



Figura 8. Herramienta personalizada para selección de la muestra

Elaboración: Unidad Geomática, 2022.

#### 10.4. Bases de datos y área de trabajo

Se han creado bases de datos como apoyo al proceso metodológico: a) SELECCION\_MUESTRA.gdb y b) CONTROL\_CALIDAD.gdb (Figura 9).

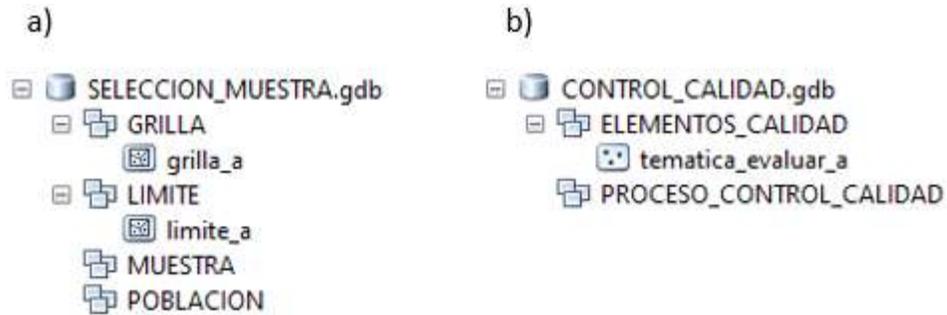


Figura 9. a) Base de datos para selección de la muestra.  
b) Base de datos para el proceso de evaluación y control de calidad.

Para usar la geodatabase SELECCION\_MUESTRA.gdb, en el *feature dataset* GRILLA, se deberá importar la cuadrícula según la escala y en el *feature dataset* LIMITE, el área de estudio. En los *feature datasets* MUESTRA y POBLACION se almacenará de manera automática el resultado de la herramienta personalizada Muestra.tbx.

Igualmente, los elementos y subelementos de calidad a evaluar han sido estructurados en la base de datos geográfica CONTROL\_CALIDAD.gdb con sus respectivos dominios y campos (Figura 10), los cuales se podrán utilizar en cada evaluación y control de calidad que se realice. Los dominios del campo tematica\_evaluar del *feature class* tematica\_evaluar\_a, deberán corresponder solamente a los referidos a la temática (PUOS, PUGS, vías, etc.).

Se debe considerar que al momento se encuentra en proceso la estructuración de la información cartográfica que se genera en la DMPPS, por tanto, los dominios de este campo serán actualizados de manera dinámica.

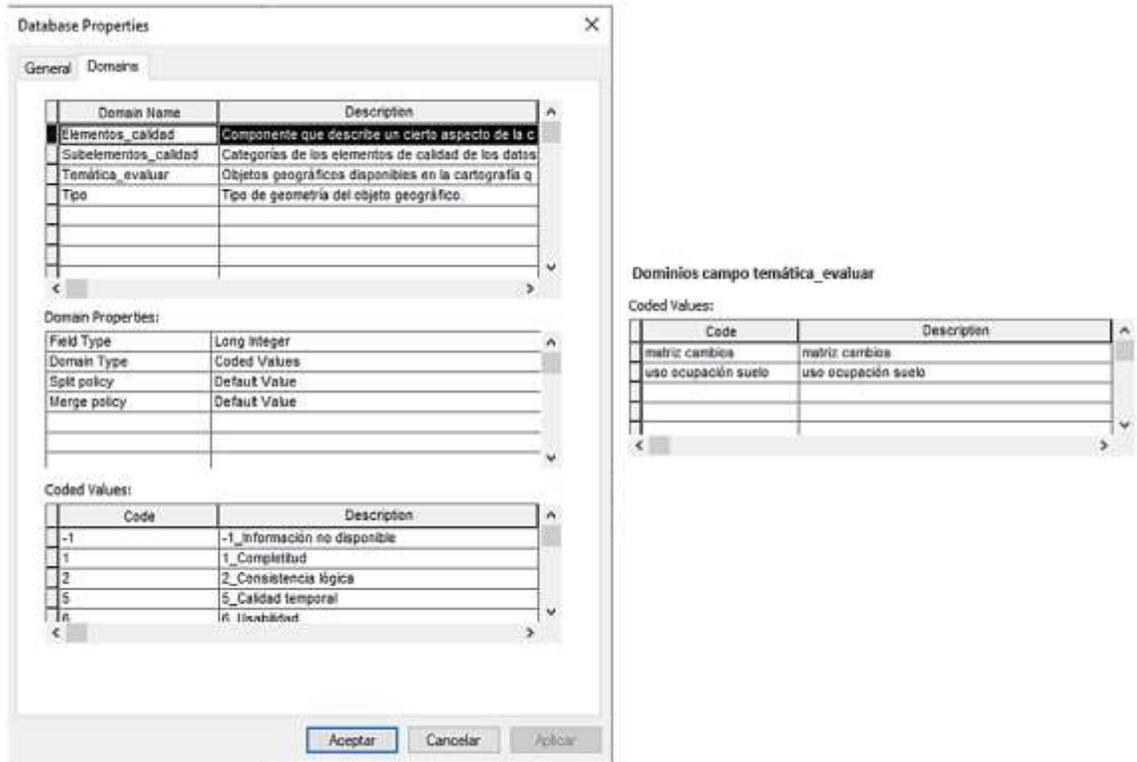


Figura 10. Dominios y campos preestablecidos para la evaluación y control de calidad de la cartografía.

Adaptado de: (Pavón et al., 2021)

De esta manera, se emplea el proyecto “ECC\_Proceso.mxd” para unificar y estandarizar criterios en el proceso metodológico de identificación de errores (Figura 11). En donde, los elementos de calidad han sido simbolizados para una mejor caracterización, la simbología para la cartografía a evaluar corresponderá a la que ya se tiene definida para cada temática (PUGS y PUOS).

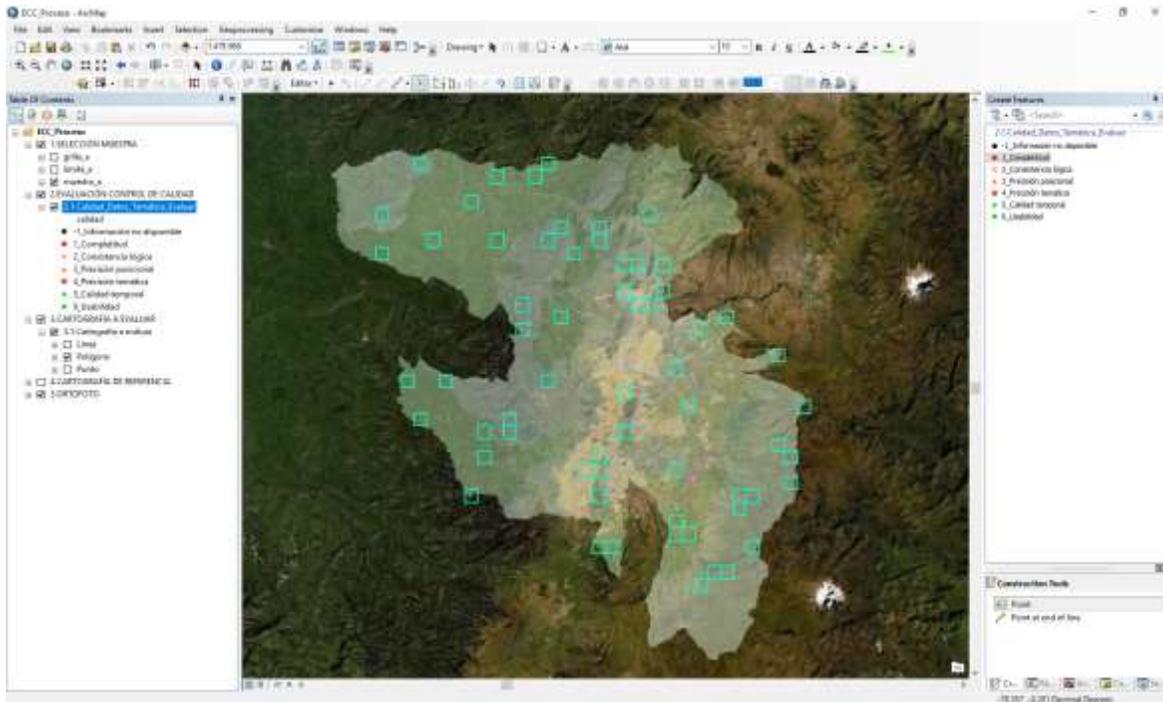


Figura 11. Área de trabajo y simbolización de los elementos de calidad.

### 10.5. Automatización y organización del proceso de evaluación y control de calidad

La gestión de la calidad también requiere del desarrollo de herramientas (Ahmed Loai & Schmid, 2014), en este caso en el ambiente de los SIG, se ha creado una herramienta personalizada para la rápida detección e identificación de los errores topológicos dependiendo del tipo de geometría que sea la cobertura geográfica (punto, línea o polígono). De esta manera, el evaluador podrá marcar los errores para la posterior identificación del productor del dato y ser corregido al instante con el conocimiento técnico adecuado. A continuación, en la Figura 12, se expone el modelo construido y su organización en la geodatabase (Figura 13).

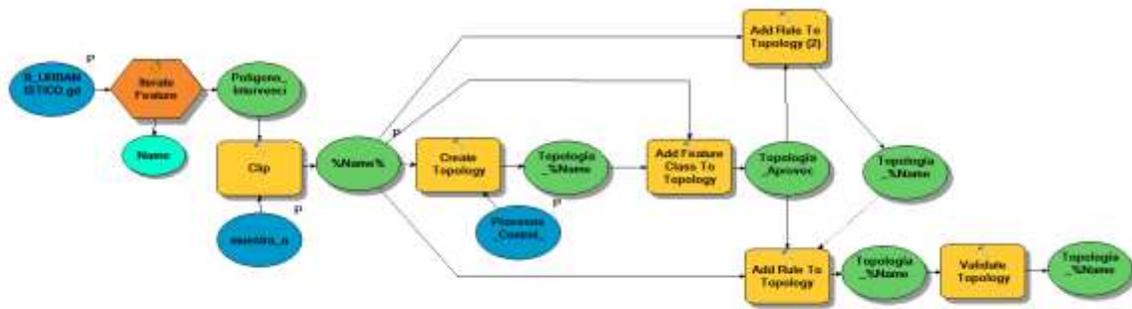


Figura 12. Ejemplo de automatización de control topológico (polígonos).

Elaboración: Unidad Geomática, 2022.

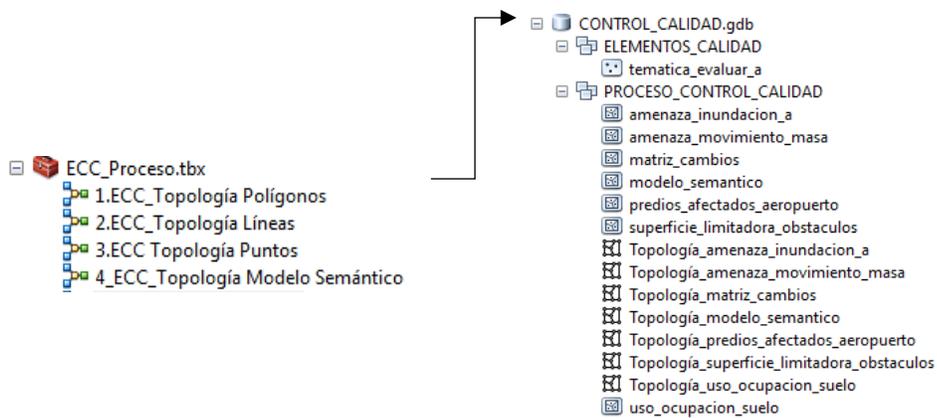


Figura 13. Herramienta personalizada y ejemplo de geodatabase del proceso de control de calidad

Elaboración: Unidad Geomática, 2022.

## 10.6. Evaluación y control de calidad

Con base en las especificaciones del producto cartográfico, sean éstas de carácter legal, normativo o técnico, se procede con la revisión de errores sobre la información espacial que se encuentra en cada una de las muestras seleccionadas (Ariza-López & Atkinson, 2008).

Para el análisis por coberturas y entre coberturas que intervienen en cada muestra, se utiliza el área de trabajo preestablecido, con un zoom de trabajo de la mitad de la escala de la cartografía a evaluar. Con la *feature class* tematica\_evaluar\_a, dependiendo del caso, se genera un punto sobre el objeto geográfico correspondiente por cada incumplimiento de los elementos de calidad que se encuentre (Figura 14).

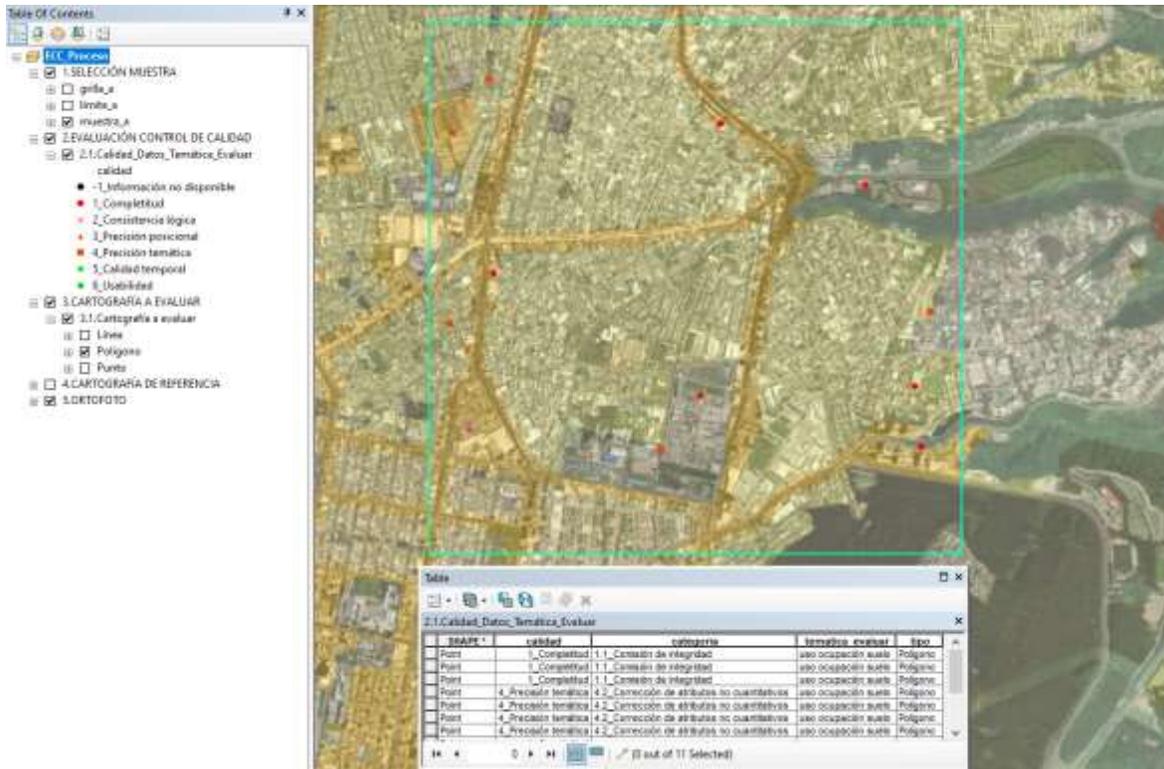


Figura 14. Área de trabajo simbolizada - Ejemplo de control de calidad.

De esta manera, se ha adaptado la metodología para el control de calidad y evaluación de la cartografía elaborada por el IGM del Ecuador (Pavón et al., 2021) que permite mediante el uso de matrices, cuantificar los errores para cada uno de los objetos geográficos dentro de una muestra, ponderar los errores de las variables que en este caso, corresponde a los objetos geográficos y obtener un porcentaje de cumplimiento de calidad (Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3).

En este sentido, en la Tabla 1 se coloca la cantidad de elementos por objeto geográfico que se encuentran en cada muestra y la sumatoria de los errores (no cumplimiento de los elementos de calidad) por cada uno de ellos.

Tabla 1. Matriz de calidad de los datos en la (s) muestra (s).

Cantidad de elementos en la (s) muestra (s)	Muestra ÑIII-B3a-B2	Sumatoria de errores de no cumplimiento de los elementos de calidad					
		Variable 1	Variable 2	Variable 3	Control topológico	Memoria técnica	Metadato
0	Variable 1	0					
0	Variable 2		0				
0	Variable 3			0			
*	Topología				0		
**	Memoria técnica					0	
**	Metadato						0
<b>0</b>	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

\* La cartografía no debe tener errores topológicos

\*\* La cartografía debe tener memoria técnica y metadato

En la Tabla 2, dependiendo del elemento de calidad se coloca la sumatoria de los errores encontrados para cada una de las variables (objetos geográficos).

Tabla 2. Matriz de cuantificación de la calidad de los datos en la (s) muestra (s).

Elem. calidad / Variable	Compleitud	Consistencia lógica	Precisión posicional	Precisión temática	Calidad temporal	Usabilidad
Variable 1						
Variable 2						
Variable 3						
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

La Tabla 3 ha sido configurada para obtener el porcentaje total de calidad de los datos en la muestra, el cual depende del porcentaje de aciertos y errores en cada variable. Se definió cuatro parámetros para ponderar dichos porcentajes, donde según su importancia (IPGH, 1978) les corresponde los siguientes valores: Calidad de los datos (60%), control topológico (30%), memoria técnica (5%) y metadato (5%). El valor del parámetro calidad de los datos tiene el mayor peso que será dividido de manera equitativa entre las variables existentes.

Tabla 3. Matriz de porcentaje de calidad de los datos en la (s) muestra (s).

<b>Variables *</b>	3	<b>Ponderación por variable **</b>	20				
	<b>60%</b>		<b>30%</b>	<b>5%</b>	<b>5%</b>		
<b>Calidad de los datos</b>							
	<b>Variable 1</b>	<b>Variable 2</b>	<b>Variable 3</b>	<b>Control topológico ***</b>	<b>Memoria técnica</b>	<b>Metadato</b>	
<b>Porcentaje de errores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
<b>Porcentaje de aciertos</b>	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	<b>Total</b>
<b>Ponderación por variable</b>	20.00	20.00	20.00	30.00	5.00	5.00	<b>100.00%</b>
					A - 1	Excelente	<b>Adecuado</b>

\* Corresponde a los objetos geográficos según la clasificación de la estructuración de la información.

\*\* Valor asignado en función del número de archivos de estructuración de la información.

\*\*\* Porcentaje asignado en función del número de errores topológicos en las coberturas con inconsistencias.

El porcentaje obtenido permite categorizar la información mediante tolerancias de precisión e intervalos de confianza dependiendo de la escala de trabajo, ubicando a la calidad de la cartografía en una de las cinco clases que se muestran en la Tabla 4, donde la mejor categoría es la clase A- 1 con categorización de excelente y la peor es la C- 1 con mala.

Tabla 4. Clasificación y ponderación de la cartografía.

Clase	Categorización	Uso	Exactitud posicional		Intervalo de confianza	Compleción		Consistencia lógica			Exactitud temática Categorización atributos	Ponderación Total	Requiere revisión
			Planimetría (m)	Altimetría (m)		Comisiones	Omisiones	Mal trazo	Costosidad	Coherencia			
A-1	Excelente	Adecuado	≤ 0,3	≤ 0,25 ICN	10%	< 10%	< 10%	< 10%	< 10%	< 10%	< 10%	90% - 100%	No
A-2	Buena	Adecuado	≤ 0,45	≤ 0,38 ICN	10%	< 15%	< 15%	< 15%	< 15%	< 15%	< 15%	85% - 89%	Si*
B-1	Buena	Utilizable	≤ 0,45	≤ 0,38 ICN	10%	< 25%	< 25%	< 25%	< 25%	< 25%	< 25%	75% - 84%	Si*
B-2	Regular	Utilizable	< 0,6	< 0,50 ICN	10%	< 25%	< 25%	< 25%	< 25%	< 25%	< 25%	65% - 74%	Si*
C-1	Mala	Inadecuado	≥ 0,6	≥ 0,50 ICN	10%	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	55% - 64%	Si*

Fuente: (Pavón et al., 2021)

La categorización de la calidad de la información ha sido tomada de las Especificaciones Topográficas para la Evaluación de mapas impresos topográficos del IPGH (IPGH, 1978) que para este caso, ha sido adaptada a la revisión de cartografía digital con los elementos de la calidad que constan en la norma ISO 19157.

Para el límite superior (Clase A-1) de las clases se estableció el valor de las normas cartográficas del IGM, mientras que el límite inferior (Clase C-1), se encuentra con un valor que no supera la siguiente escala. La tolerancia (m) debe considerarse como un intervalo cuyo límite inferior es abierto hacia

la derecha y un límite superior cerrado; por ejemplo, para el caso de la clase A-1 el intervalo es:  $0 < X \leq 0.3$  m (Pavón et al., 2021).

Es así que el nivel de conformidad para esta metodología está determinado por la categorización de la cartografía en estudio.

Finalmente, se presenta el informe de calidad que corresponderá a la plantilla de control de calidad que estará comprendida por las matrices mencionadas anteriormente y gráficas (ver apartado de resultados), las cuales proporcionan el número de errores encontrados en el cumplimiento de los elementos de calidad por cada objeto geográfico.

Es importante tener en cuenta que dependiendo del uso que se le vaya a dar a la cartografía, se puede aceptar la categorización o mejorarla con la corrección de los errores reportados. Además, se debe considerar para una segunda inspección, las muestras no serán las mismas y, por lo tanto, los errores deben ser corregidos en la totalidad del conjunto de datos.

En este sentido, es pertinente que tanto el productor, fiscalizador, evaluador de la calidad de la información y el usuario conozcan las técnicas de levantamiento, escala de trabajo y categorización de la calidad del producto que deben ser plasmados en la memoria técnica y metadato, con el objeto de saber cuándo sería adecuado utilizar los datos (Foody et al., 2013).

En el metadato del objeto geográfico es posible dar a conocer al usuario el nivel de calidad del dato (Esmaili et al., 2013), éste deberá ser llenado según la ISO 19115 y el perfil de metadatos del Ecuador porque su modelo permite proporcionar información relevante sobre los resultados de la evaluación de la calidad. El detalle de los metadatos puede ser ampliado en el informe de calidad que propone la norma ISO 19157.

## **11. Resultados**

### **11.1. Control de calidad de la cartografía**

Mediante la automatización de procesos (selección de las muestras aleatorias); uso de bases de datos que permite organizar la información y el área de trabajo para identificar los errores sobre los objetos geográficos que no cumplen con los elementos de calidad (compleción, consistencia lógica, exactitud posicional, exactitud temática, temporalidad y usabilidad), se obtiene en la cobertura 2.1.Calidad\_Datos\_Temática\_Evaluar el registro de los errores encontrados, los cuales pueden ser contabilizados y analizados independientemente (Figura 15).

Table

2.1.Calidad\_Datos\_Temática\_Evaluar

	OBJECTID *	SHAPE *	calidad	categoria	tematica evaluar	tipo
▶	6	Point	1_Completitud	1.1 Comisión de integridad	uso ocupación suelo	Polígono
	7	Point	1_Completitud	1.1 Comisión de integridad	uso ocupación suelo	Polígono
	8	Point	1_Completitud	1.1 Comisión de integridad	uso ocupación suelo	Polígono
	9	Point	4_Precisión temática	4.2 Corrección de atributos no cuantitativos	uso ocupación suelo	Polígono
	10	Point	4_Precisión temática	4.2 Corrección de atributos no cuantitativos	uso ocupación suelo	Polígono
	11	Point	4_Precisión temática	4.2 Corrección de atributos no cuantitativos	uso ocupación suelo	Polígono
	12	Point	4_Precisión temática	4.2 Corrección de atributos no cuantitativos	uso ocupación suelo	Polígono

(0 out of 9 Selected)

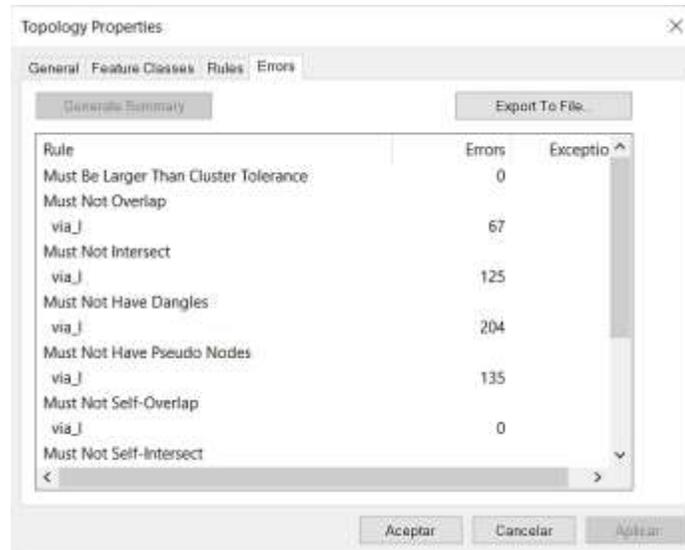
2.1.Calidad\_Datos\_Temática\_Evaluar

Figura 15. Tabla de atributos con los errores de no cumplimiento de los elementos de calidad.

La verificación topológica (cumplimiento de la consistencia lógica de los elementos de calidad) de los objetos geográficos (Figura 16) se realizó mediante la herramienta SIG personalizada “ECC\_Proceso.tbx”, la cual permite: a) selección de los objetos geográficos de cada una de las muestras; b) cortar; c) almacenar y validar la topología con las reglas topológicas dependiendo de la geometría de la cobertura (polígono, línea o punto); y e) presentar la información de manera organizada en el *Feature Dataset* PROCESO\_CONTROL\_CALIDAD de la base de datos CONTROL\_CALIDAD.gdb (Figura 17).



Figura 16. Verificación de errores topológicos registrados en la base de datos de calidad.



Rule	Errors	Exceptio
Must Be Larger Than Cluster Tolerance	0	
Must Not Overlap		
via_1	67	
Must Not Intersect		
via_1	125	
Must Not Have Dangles		
via_1	204	
Must Not Have Pseudo Nodes		
via_1	135	
Must Not Self-Overlap		
via_1	0	
Must Not Self-Intersect		

Figura 17. Reporte topológico del objeto geográfico vía.

## 11.2. Evaluación de la cartografía

En la fase de evaluación de la calidad de la cartografía se registra el número de los errores encontrados por cada uno de los objetos geográficos en la matriz de calidad de los datos en la (s) muestra (s) (Tabla 5). Además, en la matriz de cuantificación de la calidad de los datos en la (s) muestra (s), se ingresa el número de errores por cada variable y elemento de calidad que no se ha cumplido (Tabla 6), esto con el objetivo de evidenciar el objeto geográfico que requiere mayor atención de corrección para alcanzar el cumplimiento de calidad óptima (Figura 18 y Figura 19).

Mediante relación de datos se genera de manera automática la matriz de porcentaje de calidad de los datos en la (s) muestra (s) (Tabla 7), en la cual se considera la ponderación asignada en referencia al número de variables, dando como resultado en el ejemplo planteado, una clase A-2 que está categorizada como bueno y de uso adecuado.

Tabla 5. Ejemplo de errores ingresados en la matriz de calidad de los datos en la (s) muestra (s).

Cantidad de elementos en la (s) muestra (s)	Muestra ÑIII-B3a-B2	Sumatoria de errores de no cumplimiento de los elementos de calidad					
		uso_ocupación_suelo	matriz_cambios	Control topológico	Memoria técnica	Metadato	
1042	uso_ocupación_suelo	9					
62	matriz cambios		5				
*	Topología			10			
**	Memoria técnica				1		
**	Metadato					1	
1104	Total	9	5	10	1	1	26

\* La cartografía no debe tener errores topológicos

\*\* La cartografía debe tener memoria técnica y metadato

Tabla 6. Ejemplo de cuantificación de la calidad de los datos en la (s) muestra (s)

Elem. calidad Variable	Compleitud	Consistencia lógica	Precisión posicional	Precisión temática	Calidad temporal	Usabilidad	
uso_ocupación_suelo	4	0	0	5	0	0	
matriz_cambios	0	10	5	0	0	0	
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>24</b>

Tabla 7. Ejemplo de categoría de calidad en la matriz de porcentaje de calidad de los datos en la (s) muestra (s).

Variables *	2	Ponderación por variable **	30		
	60%	30%	5%	5%	
<b>Calidad de los datos</b>					
	uso_ocupación_suelo	matriz_cambios	Control topológico ***	Memoria técnica	Metadato
Porcentaje de errores	0,86	8,06	0,91	100,00	100,00
Porcentaje de aciertos	99,14	91,94	99,09	0,00	0,00
Ponderación por variable	29,74	27,58	29,73	0,00	0,00
					<b>Total</b>
					<b>87,05%</b>
				<b>A - 2</b>	<b>Bueno</b>
					<b>Adecuado</b>

\* Corresponde a los objetos geográficos según la clasificación de la estructuración de la información.

\*\* Valor asignado en función del número de archivos de estructuración de la información.

\*\*\* Porcentaje asignado en función del número de errores topológicos en las coberturas con inconsistencias.

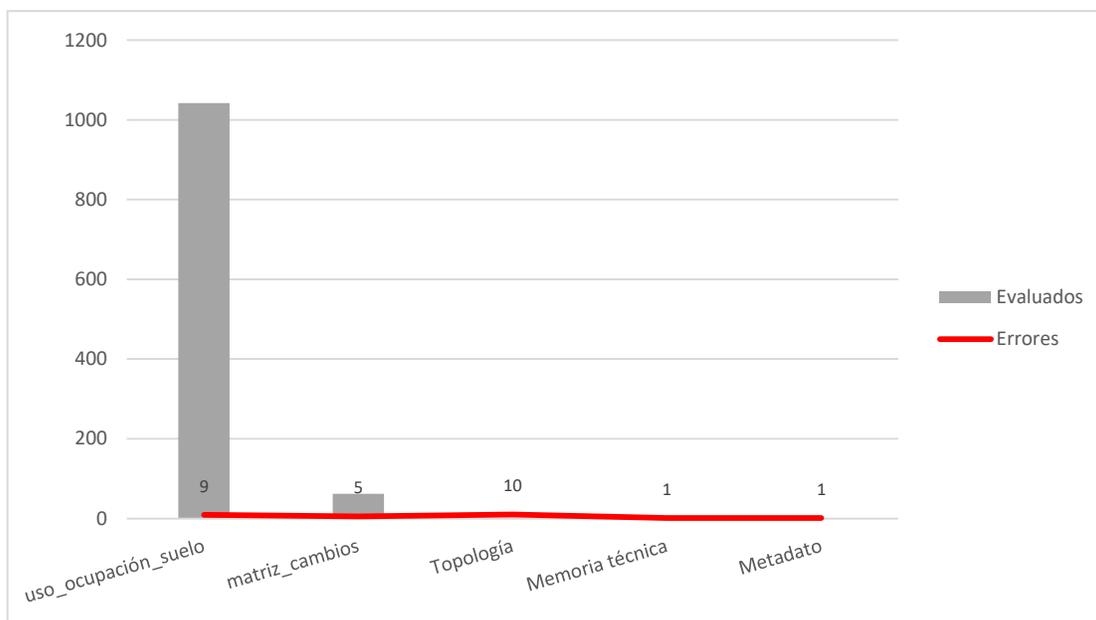


Figura 18. Ejemplo calidad de los datos en la (s) muestra (s).

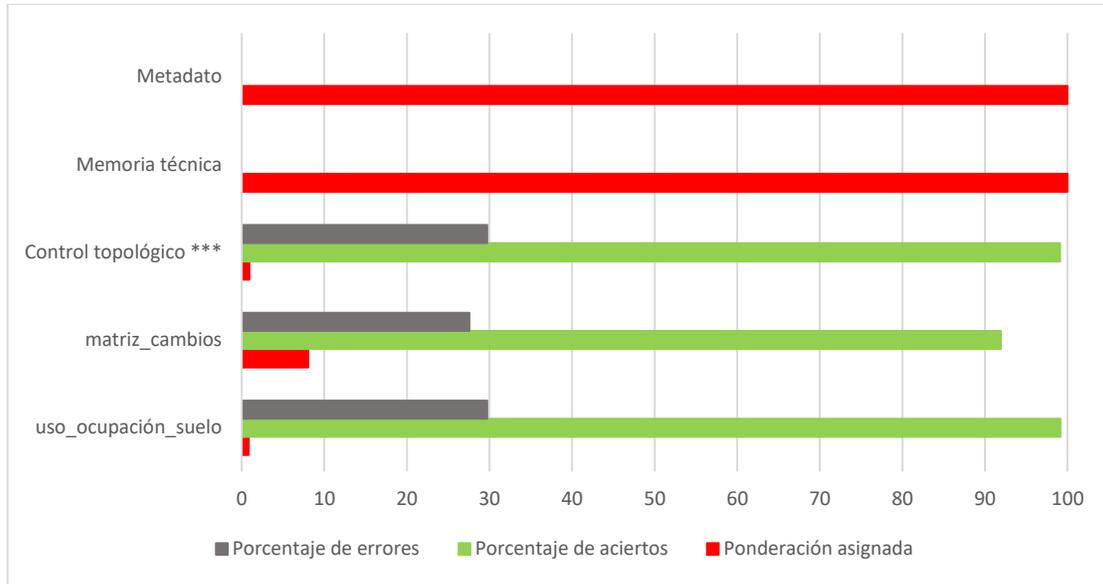


Figura 19. Ejemplo de porcentaje de calidad de los datos en la (s) muestra (s).

## 12. Conclusiones

La geoinformación es uno de los insumos principales para la toma de decisiones en diferentes dimensiones y sectores. Por lo tanto, es necesario que los datos sean íntegros y reflejen la realidad bajo estándares de calidad que evalúen el valor del dato y permitan eliminar la incertidumbre en el usuario de contar o no con información confiable y veraz.

La evaluación y control de la calidad de los datos se debe realizar por el primer método (directo) que corresponde al 100 % de la evaluación de la geoinformación y está relacionado al uso del generador del dato y/o fiscalizador del proceso de producción, posteriormente, se debe aplicar el segundo método (indirecto) que considera la selección de muestras y que estará a cargo de los técnicos responsables del control de calidad de la información, el cual debería formar parte del proceso de una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE).

La metodología permite identificar errores groseros, aleatorios y sistemáticos en todo el conjunto de datos y definir el porcentaje de cumplimiento de los elementos y subelementos de calidad.

El productor, fiscalizador y evaluador de la calidad de la información serán técnicos con el suficiente conocimiento y capacidad para poner en práctica esta metodología satisfactoriamente, ya que de esta manera permitirán que el usuario conozca cuándo sería adecuado utilizar los datos según la categoría de calidad que le corresponda.

La categorización de la calidad de la cartografía en estudio permite establecer el nivel de conformidad considerando cinco clases, donde la mejor es la clase A-1 con categorización de excelente y la peor es la C-1, mala.

La categorización de la calidad puede ser mejorada con la corrección de los errores reportados, sin embargo, se debe considerar que para una segunda inspección las muestras no serán las mismas y los errores deben ser corregidos en la totalidad del conjunto de datos.

### **13. Recomendaciones**

Se recomienda que toda la información generada por el área de producción esté integrada dentro de un sistema de gestión de la calidad.

El control de calidad debe ser realizado con estándares superiores y precisiones mayores a la utilizada en la producción.

Solucionar problemas de calibración de los equipos, obtención de insumos de calidad acordes a la escala de representación y el conocimiento superior del técnico para disminuir errores.

Contar con especificaciones técnicas y legales del producto sobre las cuales ha sido generado un dato geográfico previo a la evaluación, ya que son necesarios para poner en práctica el proceso de control de calidad y poder determinar los errores existentes.

Completar la generación de la información geográfica con su respectiva ayuda memoria y metadato.

Conformar e implementar un componente de IDE en la Unidad de Geomática para completar el modelo de gestión de la calidad, la cual es útil para mantener el proceso de control de calidad a mediano y largo plazo que deberá estar asociado al cumplimiento de estándares, normas y políticas que se rigen a nivel nacional como internacional, de esta manera, la información estará totalmente integrada y su gestión será adecuada pudiéndose difundir con interoperabilidad los datos.

### **14. Referencias**

Ahmed Loai, A., A., & Schmid, F. (2014). *Data Quality Assurance for Volunteered Geographic Information. Lectures Notes in Computer Science*. 8728:126.141.

Ariza-López, F. J. (2013). *Fundamentos de la Evaluación de la Calidad de la Información Geográfica*. Jaén, España.

- Ariza-López, F. J., & Atkinson, A. (2008). *Analysis of Some Positional Accuracy Assessment Methodologies*. *Journal of Surveying Engineering*. 134 (2).
- Ariza-López, F. J., García Balboa, J. L., Rodríguez Avi, J., & Robledo, J. (2018). *Guía general para la evaluación de la exactitud posicional de datos espaciales: Propuesta de adopción de metodologías y procedimientos empleados para la evaluación de la calidad de la información geográfica para los Estados Miembros del IPGH*. Montevideo.
- CONAGE. (2013). *Terminología para Información Geográfica basado en la Norma ISO/TS 19104:2008 Geographic information—Terminology e ISO/TC 211 Multi-Lingual Glossary of Terms* (Vol. 4).
- Esmaili, R., Naseri, F., & Esmaili, A. (2013). *Quality Assessment of Volunteered Geographic Information*. *American Journal of Geographic Information System*. 2(2):19-26.
- Foody, G. M., See, L., Fritz, S., Vand der Velde, M., Perge, C., Schill, C., & Boyd, D. S. (2013). *Assessing the Accuracy of volunteered geographic information arising from multiple contributors to an internet based collaborative project*. *Transaction in GIS*. 17(6):847-860.
- IGM. (2007). *Diccionario de Términos Geográficos*. Quito, Ecuador.
- IGM. (2016). *Especificaciones Técnicas para cartografía a escala 1: 5 000* (Primera). Ecuador.
- IPGH. (1978). *Especificaciones para mapas topográficos*. Panamá.
- ISO. (1999). *ISO 2859: Sampling procedures for inspection by attributes—Part 1: Sampling schemes indexes by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection*.
- ISO. (2002). *ISO 19113: Geographic information—Quality principles*.
- ISO. (2003). *ISO 19115: Geographic information—Metadata*.
- ISO. (2013). *ISO 19157: Geographic information—Data quality*.
- JCGM. (2012). *International vocabulary of metrology—Basic and general concepts and associated terms (VIM)*. (3rd ed.). Working Group 2 of the Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM/WG2).
- Pavón, F., López, B., Chiriboga, G., Cruz, G., & Dávila, Á. (2021). *Metodología para el control de calidad y evaluación de la cartografía*. *Revista Geociencia & Geodatos del Instituto Geográfico Militar*.