

# MODERNIZACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN DE TIERRAS EN COLOMBIA

## Aseguramiento de la Calidad en el Levantamiento Predial

Versión 1.0

Para los socios principales del Proyecto:



De:



Proyecto  
Modernización de la  
Administración de Tierras  
en Colombia

Autora: Keltze Arrue Igartua

keltzearrue@yahoo.es

Fecha: 22 de febrero de 2018

Atención: Kaspar Eggenberger

kaspar.eggenberger@bsf-swissphoto.com

CC: Nicole von Reitzenstein:


nicole.vonreitzenstein@seco.admin.ch

Natalia Mayorga:

natalia.mayorga@eda.admin.ch

## Versiones y Revisión del Documento

Versión	Descripción Versión	Elaboración	Fecha
0.1	Versión borrador para comentarios interno al proyecto	Keltze Arrue	01/11/2018
1.0	Versión final	Keltze Arrue	22/02/2018

Revisado por	Aprobación AI (firma)	Versión	Fecha
Lorenz Jenni	 Kaspar Eggenberger	1.0	27/02/2018

## Índice de Contenido

<b>Abreviaturas</b>	<b>5</b>
<b>Resumen Ejecutivo</b>	<b>6</b>
<b>1. Antecedentes</b>	<b>8</b>
<b>2. Introducción</b>	<b>9</b>
<b>3. Conceptos y Criterios Principales de Calidad</b>	<b>10</b>
3.1 Conceptos	10
3.1.1 <i>Magnitud y Medida</i>	10
3.1.2 <i>Errores en las Medidas</i>	12
3.2 Elementos de Calidad Para la Gestión de la Calidad en el ámbito del Catastro	17
3.2.1 <i>Trazabilidad</i>	17
3.2.2 <i>Confiabilidad</i>	18
3.2.3 <i>Precisión</i>	19
<b>4. Aseguramiento de la Calidad mediante el Principio de la Medición Controlada</b>	<b>20</b>
4.1 Principio de Medición Controlada	20
4.2 Proceso de la Medición en Campo	22
4.2.1 <i>Fases de la Medición en campo</i>	23
4.2.2 <i>Medición Controlada de los Puntos de Lindero</i>	25
4.2.2.1 <i>Punto Medido de forma Directa</i> .....	27
4.2.2.1.1 <i>Control mediante mediciones directas redundantes</i> .....	27
4.2.2.1.2 <i>Control mediante Medición de Puntos Auxiliares y</i> <i>Medidas de Distancias</i> .....	31
4.2.2.2 <i>Punto Medido de forma Indirecta</i> .....	34
4.2.2.2.1 <i>Control mediante mediciones indirectas redundantes</i> .....	35
4.2.2.2.2 <i>Control mediante medición de puntos auxiliares y</i> <i>medidas de distancias</i> .....	37
4.2.3 <i>Casos de Uso</i>	37
4.2.4 <i>Documentación del proceso de Medición en Campo</i>	38
4.2.5 <i>Croquis de Campo</i>	38



4.2.6	<i>Otros formularios de Campo</i>	41
4.2.7	<i>Formularios de Control</i>	41
4.2.8	<i>Datos por documentar una vez procesados los puntos (posiciones calculadas)</i>	42
4.3	Eficiencia, Eficacia, Efectividad, Calidad, Productividad y Rentabilidad	44
<b>5.</b>	<b>Recomendaciones y Buenas Prácticas - Fase de Medición en Campo</b>	<b>47</b>
5.1	GNSS	47
5.2	Estación Total	48
5.3	Medición de Distancias	49
5.4	Alineaciones	50
<b>6.</b>	<b>Anexos</b>	<b>51</b>
6.1	Anexo 1 – Medición controlada de puntos: Casos de uso	51
6.2	Anexo 2 – Croquis de campo	51
6.3	Anexo 3 – Codificación de puntos	51
6.4	Anexo 4 – Codificación de instrumentos y metodologías	51
6.5	Anexo 5 – Observación de puntos GNSS	51
6.6	Anexo 6 – Observación de puntos Estación Total	51
6.7	Anexo 7 – Levantamiento de puntos Estación Total	51
6.8	Anexo 8 – Control de expedientes catastrales	51
6.9	Anexo 9 – Estacionamiento de la Referencia GNSS	51
6.10	Anexo 10 – Predios medidos por técnico	51
6.11	Anexo 11 – Codificación personal técnico	51
6.12	Anexo 12 – Presentación capacitación piloto Ovejas 30.01.2018	51
6.13	Anexo 13 – Presentación conclusiones piloto Ovejas 15.02.2018	51
6.14	Anexo 14 – Resumen aseguramiento de la calidad mediante el principio de la medición controlada	51
<b>7.</b>	<b>Referencias</b>	<b>52</b>
<b>8.</b>	<b>Glosario</b>	<b>53</b>

## Abreviaturas

AI	Agencia de Implementación del Proyecto
ANT	Agencia Nacional de Tierras
DNP	Departamento Nacional de Planeación
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
SIG	Sistema de Información Geográfica
TdR	Términos de Referencia
VIM	Vocabulario Internacional de Metrología



## Resumen Ejecutivo

El aseguramiento de la calidad en los levantamientos prediales planimétricos, en lo referente a la exactitud posicional de los puntos que conforman los límites de los predios, debe considerarse como una prioridad para el establecimiento y mantenimiento de un Catastro Multipropósito moderno.

La aplicación del principio de la *medición controlada*, junto con la adecuada metodología de levantamiento catastral y documentación de los procesos de levantamiento, permite el cumplimiento de los tres criterios de calidad fundamentales en el ámbito catastral: la trazabilidad, la confiabilidad y la precisión, para que el catastro cumpla con sus diferentes propósitos, entre ellos el de garantizar los derechos de las personas sobre sus propiedades.

La trazabilidad permite rastrear cada dato catastral hasta su origen, de forma inequívoca y en cualquier momento; para su cumplimiento es necesario documentar el proceso desde el origen del dato catastral, en la fase de medición en campo. La confiabilidad expresa el nivel de control de la veracidad de la información catastral, y debería cumplirse en la totalidad de la información catastral, siendo toda la información fidedigna, sin errores. La precisión refleja la proximidad de varias medidas del mismo punto, que será mayor cuanto menor sea la dispersión entre las mismas. Si consideramos la exactitud del punto como la proximidad de los valores medidos al valor real o el considerado como tal, la precisión describirá el margen de tolerancia para la exactitud de la medida de la posición de un punto, que deberá satisfacer los niveles de tolerancia (error máximo permitido) exigidos.

El principio de la *medición controlada* se basa en la obtención de redundancia en la determinación de la posición de un punto, mediante medidas independientes adecuadas, realizadas durante la fase de medición en campo de los predios; de esta forma se obtendrían grandes ventajas, como ser:

- Evidenciar errores groseros no detectados con anterioridad (y desecharlos/corregirlos con celeridad).
- Evaluar la precisión del levantamiento mediante el estudio de la proximidad de las medidas redundantes obtenidas para cada punto de lindero (precisión), descartar las mediciones no aceptables, y obtener el valor más probable para la posición del punto de lindero mediante el promedio de las posiciones medidas, así como su exactitud absoluta, siempre que cumplan con los niveles de tolerancia establecidos en las especificaciones técnicas.
- Aseguramiento del cumplimiento de las exigencias sobre calidad posicional de todos los puntos de lindero, para garantizar los derechos sobre los predios, y el adecuado mantenimiento del catastro.
- Revisión de la validez de los datos levantados en cualquier momento y en gabinete, sin necesidad de realizar nuevas mediciones en campo.



En el presente documento se tratan los conceptos de magnitudes, medidas y sus errores, el valor más probable, los criterios de calidad fundamentales a cumplir para la implementación y mantenimiento catastral, la aplicación práctica del principio de la medición controlada para el aseguramiento de la calidad posicional absoluta de los puntos que conforman los límites de los predios, la discusión de la rentabilidad de la aplicación dicho principio u otro método de evaluación, así como recomendaciones y aspectos sobre buenas prácticas en trabajos topográficos catastrales.

Se realizó una capacitación y un ejercicio práctico de la posible implementación del método de aseguramiento de la calidad en el proyecto piloto de formalización de la propiedad rural de la ANT en el municipio de Ovejas, entre los días 30.01.2018 y 07.02.2018. Previamente se realizó una presentación de la metodología a las entidades interesadas (ANT, IGAC, DNP) el día 25.01.2018 en Bogotá; posteriormente al ejercicio en campo, se presentaron las conclusiones y se realizó un taller con las entidades interesadas (ANT, IGAC, DNP, operador) el día 15.02.2018 en Bogotá.

Oñati, 22 de febrero de 2018

Keltze Arrue, consultora de corto plazo

keltzearrue@yahoo.es



## 1. Antecedentes

El Proyecto Modernización de la Administración de Tierras en Colombia, financiado por la Cooperación Suiza (SECO) e implementado por la Agencia de Implementación (AI) y con un plazo de ejecución hasta 2019, provee asistencia técnica a las entidades con competencia en la implementación del catastro multipropósito y políticas de tierras, y tiene como objetivo establecer las bases conceptuales y tecnológicas para una exitosa realización de la visión gubernamental para la administración de tierras, descrito en la Ley 1753 de 2015 (Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2018).

El proyecto comprende actividades en seis áreas temáticas:

1. Apoyo a la construcción del Nodo de Administración de Tierras en el marco de la ICDE
2. Apoyo al desarrollo e implementación de la figura del agrimensor certificado y técnico catastral
3. Asistencia técnica a IGAC y SNR durante la ejecución de los pilotos de catastro multipropósito liderados por el DNP
4. Apoyo al proceso de delegación de competencias en materia catastral e implementación de nuevos modelos de gestión de los catastros multipropósito
5. Apoyo al mejoramiento de la interrelación catastro - registro
6. Apoyo a la adecuación del marco de referencia geodésico y proyección para el contexto de la administración de tierras eficiente.

Los socios directos del proyecto son el Ministerio de Agricultura con la Agencia Nacional de Tierras (ANT), el Departamento Nacional de Planeación (DNP), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), la Superintendencia de Notariado y Registro (SNR) y la Unidad de Restitución de Tierras (URT). Los Catastros Descentralizados a nivel de los Gobiernos Departamentales también juegan un papel importante en el desarrollo del Proyecto.

El proyecto, con el involucramiento de sus entidades socios, recientemente realizó una prueba de campo donde por primera vez se aplicaron las especificaciones técnicas (ET) definidas para el Catastro Multipropósito, tomando los resultados de esta prueba, así como otros insumos elaborados por el proyecto en el marco de la definición de un Modelo de Calidad para la Administración de Tierras (ver Anexo) como base para realizar adecuaciones a las ET.

La validación de dos métodos de aseguramiento y evaluación de la calidad en el proceso del denominado “levantamiento planimétrico predial” fue un aspecto central de la prueba, contrastando el principio “medición controlada” y la determinación de los errores estándares a





posteriori con el método de muestreo independiente y la posterior evaluación estadística sobre el cumplimiento de la calidad.

Como conclusión de esa validación, se pudo evidenciar que obtener mediciones redundantes de los puntos de linderos que definen un terreno/predio es una forma eficaz para determinar la calidad de las coordenadas obtenidas y a la vez garantizar una mayor confiabilidad y trazabilidad. La aplicación de la verificación por muestreo en cambio no se considera apropiado como método de control de la calidad, básicamente porque no se puede garantizar llegar al mismo vértice sobre el cual se realizó la primera medición y porque el informante en el muestreo puede variar y por lo tanto la definición del lindero del predio, entre otras inconvenientes de índole técnico y social (falta de la trazabilidad sobre el dato, justificación de volver a levantar un predio ante los interesados, etc.).

Para aportar claridad sobre el uso de métodos de medición controlada y facilitar su implementación en la fase de los trabajos de campo del levantamiento planimétrico predial, así como su posible consideración en la redacción de las Especificaciones Técnicas para el Levantamiento Predial Planimétrico, se ha propuesto por parte de la AI, la elaboración de un documento conciso de orientación didáctica, para poder compartirlo con las entidades interesadas, sobre el aseguramiento de la calidad en el levantamiento planimétrico predial mediante el principio de la medición controlada, así como otros principios y buenas prácticas a aplicar durante el proceso de levantamiento catastral para lograr una alta confiabilidad de la componente posicional de los elementos levantados, entendiendo como confiabilidad el nivel de control sobre la veracidad de la información catastral levantada.

## 2. Introducción

El siguiente documento pretende servir de orientación para la comprensión de una metodología para el aseguramiento de la calidad posicional de los puntos que conforman los linderos de los predios, aplicando el principio de medición controlada mediante medidas independientes.

El primer bloque está enfocado en la definición de conceptos como magnitud, medida y errores, en la teoría de errores a aplicar en trabajos de topografía, y en la descripción de los elementos de calidad fundamentales a aplicar en el ámbito del catastro.

Seguidamente se describe el fundamento del principio de medición controlada, y su aplicación práctica, mediante ejemplos referentes a los casos más usuales, para obtener el aseguramiento de la calidad posicional de los puntos medidos. Se describen los pasos a seguir en la fase de trabajos de medición en campo, y la documentación de dichos procesos, mediante diferentes documentos y



formatos, para los cuales se adjuntan algunas propuestas en los anexos (propuestas para la codificación de los puntos medidos, formulario de croquis de campo, formato de control de expediente catastral, formato de documentación de puntos observados con GNSS, entre otros). Se presenta también una discusión sobre la rentabilidad, productividad y efectividad del uso de esta metodología.

Al final del documento se han redactado algunas recomendaciones y buenas prácticas referentes a la topografía, especialmente la dedicada al levantamiento catastral, para su aplicación en la fase de medición en campo.

Este documento se complementa con las presentaciones realizadas en los diferentes talleres llevados a cabo en los meses de Enero y Febrero de 2018; en el Anexo 12 se encuentra la presentación llevada a cabo en Ovejas el día 30.01.2018 (es una ampliación del documento presentado a las entidades interesadas el día 25.01.2018 en la sede de la ANT), y en el Anexo 13 encontraremos la presentación de las conclusiones de la experiencia en campo con la aplicación del principio de medición controlada en el proyecto piloto de formalización de la propiedad rural de la ANT en el municipio de Ovejas, complementada con comentarios textuales para su mejor comprensión. El Anexo 14 incluye un resumen, en forma de presentación, del presente documento.

## 3. Conceptos y Criterios Principales de Calidad

### 3.1 Conceptos

#### 3.1.1 Magnitud y Medida

Denominaremos **magnitud** a la propiedad o atributo medible de un elemento, que puede expresarse de forma cuantitativa mediante un número y una unidad de referencia (valor de la magnitud). Una **medición** es el proceso por el cual se obtiene un valor de la magnitud que se desea medir (**mesurando**). El **método de medida** comprende la secuencia lógica de operaciones llevadas a cabo en una medición. Un **procedimiento de medida** describe una medición conforme a uno o más principios de medida (base de una medición) y a un método de medida dado, basado en un modelo y que incluye los cálculos necesarios para obtener un resultado de dicha medición, que será un valor o conjunto de valores del mesurando, generalmente expresado como un único valor y una incertidumbre de la medida.



Denominaremos **exactitud de la medida** a la proximidad entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando; una medición será más exacta cuanto menor sea su **error de medida**, considerando ésta como la diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia. Consideraremos la **veracidad de medida** a la proximidad entre la media de un número infinito de valores medidos repetidos y un valor de referencia, y la **precisión de medida** como la proximidad entre los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas de un mismo objeto y normalmente se expresa numéricamente mediante indicadores de dispersión. La **incertidumbre de medida** es definida como un parámetro no negativo (por ejemplo, una desviación típica) que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza. En general, la incertidumbre de medida incluye numerosas componentes; algunas pueden calcularse mediante una evaluación mediante métodos estadísticos (tipo A), y las otras componentes, se evalúan por otros métodos basados en el juicio científico (tipo B); ambas evaluaciones de la incertidumbre pueden caracterizarse por desviaciones típicas. En general, la incertidumbre de medida está asociada a un valor determinado atribuido al mensurando, y, por tanto, una modificación de este valor supone una modificación de la incertidumbre asociada.

La **incertidumbre debida a la definición**, también denominada incertidumbre intrínseca, es un componente de la incertidumbre de medida resultante de la falta de detalles en la definición del mensurando; es la incertidumbre mínima que puede obtenerse en la práctica para toda medición y cualquier modificación de los detalles descriptivos del mensurando conduce a otra incertidumbre debida a la definición.

Cualesquiera que sean las medidas que obtengamos, por ejemplo, durante un levantamiento planimétrico predial, con la ayuda de diferentes instrumentos y metodologías, no serán más que unas medidas aproximadas, sin conocer nunca la exactitud rigurosa de las mismas. Para evitar que los errores se acumulen en una serie de secuencias escalonadas llegando a alcanzar valores inaceptables, se establecen los métodos de trabajo; debe establecerse un límite denominado tolerancia, el cual se determina mediante un estudio previo de los errores probables.

Los errores obedecen a ciertas leyes que es indispensable conocer y en las cuales se debe de apoyar para establecer las metodologías y señalar las tolerancias; por ello la necesidad del estudio de la **teoría de errores**.



## Errores en las Medidas

### ▪ Errores y equivocaciones

Las equivocaciones, a las que denominaremos **errores groseros**, normalmente tienden a ser relativamente grandes (por lo que son más fácilmente detectables), son perfectamente evitables, sin más que operar con la atención debida, mientras que los **errores** son siempre inevitables.

Los errores groseros suelen ser grandes en relación con la magnitud que se mide, mientras que los errores propiamente tales son, en general, muy pequeños. Al realizar una medida siempre cometeremos un error; si se repite esa medición varias veces, obtendremos resultados no idénticos, lo que demuestra que, al efectuar la medición, por mucho cuidado que se ponga, se cometen errores que no podemos evitar.

### ▪ Errores sistemáticos y accidentales

Se dice que un error es **sistemático** cuando procede de una causa permanente que obliga a cometerlo siempre según una ley determinada, por lo que pueden ser identificados y controlados; pueden ser constantes o variables. Un ejemplo común de error sistemático es el error proveniente de defectos instrumentales de medición, error que se repetirá en tanto no se corrija su origen.

Se denomina error **accidental o aleatorio** cuando es debido a causas fortuitas que ocasionan errores ya en un sentido, ya en otro; estas causas son normalmente de origen instrumental, del operador o de las condiciones en las que se realiza la medición.

Según admite la teoría de errores y demuestra la experiencia, son más numerosos los errores accidentales pequeños que los grandes, y cuando son muy numerosos, a todo error en un sentido corresponde otro igual y en sentido contrario.; si se realizan medidas en número suficiente, se formará un difuminado alrededor del punto  $O'$ . La distancia  $O-O'$  corresponde al error sistemático, y la desviación de las diferentes medidas del punto  $O'$  es debida a errores accidentales.

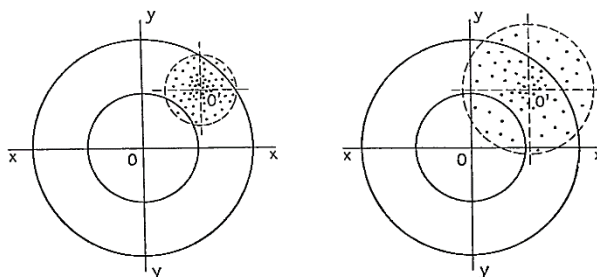


Figura 1: los errores sistemáticos generan inexactitud en las medidas ( $OO'$ ), los errores accidentales generan dispersión de medidas alrededor de  $O'$  - la primera medida es más precisa que la segunda

Puede decirse que el error sistemático permanece constante y no tiende a desaparecer al aumentar el número de mediciones. En el caso de los errores accidentales, se pierde dicha proporcionalidad. Un error sistemático no tenido en cuenta puede conducir a resultados no deseados, aunque pueden evitarse se en la mayoría de los casos, bien utilizando métodos adecuados, bien teniendo en cuenta el error al final de la medida, compensándolo aplicando una corrección.

Se define el **error de medida** como la diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia. El error de medida es considerado como la suma de los errores sistemáticos y los errores aleatorios de medida. El **error sistemático de medida** es el componente del error de medida que, en mediciones repetidas, permanece constante o varía de manera predecible. El valor de referencia para un error sistemático es un valor verdadero, un valor medido de un patrón cuya incertidumbre de medida es despreciable, o un valor convencional de una magnitud. El error sistemático y sus causas pueden ser conocidas o no; si es conocido, puede aplicarse una corrección para compensarlo. Al valor estimado de un error sistemático se le denomina **sesgo de medida**. El **error aleatorio de medida** es el componente del error de medida que, en mediciones repetidas, varía de manera impredecible. El valor de referencia para un error aleatorio es la media que se obtendría de un número infinito de mediciones repetidas del mismo mensurando. Los errores aleatorios de un conjunto de mediciones repetidas forman una distribución que puede representarse por su esperanza matemática, generalmente nula, y por su varianza. Este tipo de errores, originados por causas fortuitas y que varían sin seguir ninguna pauta, son impredecibles e inevitables, y no pueden compensarse, aunque se puede intentar reducirlos aumentando el número de mediciones realizadas.

Si fuera conocida la magnitud real (exacta) de un elemento y se procediera a la medición de la misma varias veces, al comparar los distintos valores obtenidos con la medida exacta obtendríamos los **errores verdaderos** cometidos en cada caso; esta medida exacta es imposible de obtener, por lo que adoptaremos como tal una medida aproximada de referencia, que al compararla con las medidas realizadas, nos dará una serie de **errores aparentes**.

Generalmente, en el caso de las mediciones realizadas en el ámbito de los levantamientos de datos para la obtención de magnitudes de tipo posicional, cuyos valores de referencia determinaremos mediante las propias medidas realizadas, y considerando la inexistencia de errores groseros y los errores sistemáticos compensados, la teoría de errores se centra en el estudio de los **errores accidentales o aleatorios aparentes**, es decir, los errores inevitables que varían de forma impredecible, los cuales obtenemos por la diferencia de los valores medidos con el valor de referencia aceptado como verdadero.

- **El valor más probable: la Media Aritmética o Promedio**



La comparación de las diferentes medidas tendrá que realizarse con una magnitud que adoptemos como la más probable, la cual se deducirá de las mismas medidas obtenidas.

Está confirmado por la teoría de errores que, si se consiguiera hacer un número infinito de medidas de una magnitud, a todo error accidental o aleatorio positivo cometido en una medida, se opone otro negativo ocasionado en otra medida, y por consiguiente, la media aritmética de todas las medidas anulará los errores accidentales, obteniéndose la medida exacta. No podremos realizar infinitas mediciones, pero por extensión admitiremos como valor más probable la media aritmética de las medidas efectuadas. El valor más probable se aproximará tanto más al verdadero cuanto mayor sea el número de medidas realizadas.

Si una magnitud se ha medido  $n$  veces y obtenemos las medidas  $m_i$ , se adoptará como valor más probable su **media aritmética o promedio** ( $M$ ), y los errores accidentales o aleatorios aparentes cometidos serán el resultado de comparar cada medida con el valor más probable; a estos valores se les suele denominar **residuos o desviaciones** ( $R$ ).

$$\text{Media Aritmética o Promedio: } M = \frac{\sum m_i}{n} \qquad \text{Residuo o Desviación: } R = M - m_i$$

Según lo postulado anteriormente, si fuera posible realizar un infinito número de mediciones y calcular el promedio de éstas, los errores verdaderos cometidos se anularían. Al tomar como valor más probable de  $n$  medidas (considerado como nuestra mejor aproximación al valor verdadero) la media aritmética o promedio, se anulan los residuos; dicho de otra forma, el sumatorio de los residuos, procedentes de tomar como valor más probable de una magnitud la media aritmética de las medidas efectuadas, es igual a cero (la media aritmética hace nula el sumatorio de los errores aparentes)

Podemos pues, definir el valor más probable será aquel para el cual se cumple que la suma de los cuadrados de los residuos es mínima.

#### ▪ **Error cuadrático medio y medidas de dispersión**

Como resultado de la realización de varias medidas de una magnitud, se darán casos de más o menos dispersión en los resultados; siempre que se obtenga el valor más probable de una medida, interesa tener conocimiento de su precisión, estableciendo un *error medio* que nos lo indique.

Los errores medios que más suelen utilizarse en ámbitos de las mediciones topográficas son:

- *Error probable (ep)* – si los errores verdaderos  $e_i$  cometidos en una medida efectuada  $n$  veces los colocáramos por orden de magnitud, prescindiendo del signo, denominamos *error probable (ep)* al situado en el centro de la serie, es decir, aquel que tiene tantos errores mayores que él como menores.



- Error medio aritmético (ema) - es la media aritmética de todos los errores verdaderos, prescindiendo del signo.
- Error cuadrático medio (ecm) y Raíz del Error cuadrático medio – puede expresarse en función de los errores verdaderos o de los errores aparentes; en el primer caso es la media de los cuadrados de los errores, y en el segundo, la media de los cuadrados de los residuos. Siguiendo el postulado de que el valor más probable será aquel para el cual se cumple que la suma de los cuadrados de

$$ECM^2 = \frac{\sum (M - m_i)^2}{n}, \text{RECM} = \sqrt{\frac{\sum (M - m_i)^2}{n}}$$

los residuos es mínima, se deduce que la precisión viene mejor determinada en función de los cuadrados de los errores, de ahí que sea más idóneo su uso.

Existe a veces cierta confusión entre el error medio cuadrático o error cuadrático medio ECM (denominado en inglés *MSE - Mean Square Error*) y la raíz del error cuadrático medio RECM (denominado en inglés *RMSE - Root Mean Square Error*). Para el caso de los errores aparentes donde se considera como el valor de referencia la media aritmética de las mediciones, el ECM será la media de los cuadrados de los residuos, siendo éstos las diferencias entre las mediciones y el valor de referencia (promedio). La raíz del error cuadrático medio RECM, es la raíz cuadrada de la media de los errores/residuos al cuadrado y corresponde a la desviación típica o desviación estándar, que nos indica el grado de dispersión de los resultados de las mediciones respecto al valor promedio.

Se define por la expresión

en función de los errores aparentes, donde  $M$  es la media aritmética o promedio de las  $n$  medidas  $m_i$  realizadas.

Si eliminados los errores sistemáticos, midiéramos una magnitud un gran número de veces y hallásemos los errores aparentes accidentales como resultado de comparar cada medida con la media aritmética de todas ellas, comprueba la experiencia que al construir una curva (eje x: magnitudes de errores, eje y: número de veces que se ha obtenido cada error), adopta siempre una forma semejante a la curva de Gauss o de probabilidad de errores con una distribución normal, es decir, los errores se podrían caracterizar con una distribución normal. Está demostrado que el punto de inflexión de la curva corresponde al error cuadrático medio  $emc$ ; entre éste y el error probable  $ep$  se sitúa el error aritmético  $ema$ . Existe una relación entre estos tres errores y la constante de la función que define la curva de Gauss denominada "índice de precisión", de donde se deducen, las siguientes relaciones:

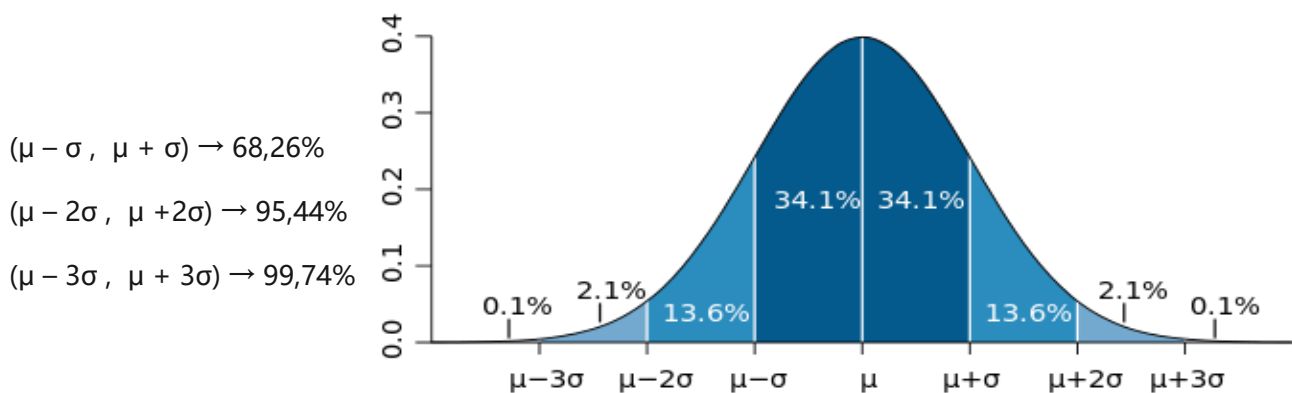
$$ema = 1,183 * ep, \quad emc = 1,4826 * ep$$



Estos errores accidentales imprevisibles constituyen hechos aleatorios, y su magnitud y frecuencia se estudia a través de la teoría de las probabilidades; éstas tienden a compensarse, lo que se acentúa en la medida que la serie tenga más observaciones. De la curva de distribución de errores se deduce también que a todo error accidental positivo se opone otro con signo negativo (la probabilidad de cometer errores positivos y negativos es la misma); que son tanto más frecuentes los errores cuanto menor es su magnitud; y que tanto la mitad positiva como negativa de la curva puede dividirse en cuatro zonas de error equidistantes.

Los errores aparentes accidentales, determinados por comparación de las diferentes medidas con el promedio de ellas (valor más probable), se caracterizan por una distribución normal  $N(\mu, \sigma)$ . La distribución de probabilidad alrededor de la media en una distribución Normal  $N(\mu, \sigma)$ , tiene las siguientes características:

- Es simétrica respecto a la media  $\mu$ ,
- Puntos de inflexión de la curva están en  $(\mu - \sigma)$  y  $(\mu + \sigma)$
- La distribución de la probabilidad respecto a la media presenta los siguientes intervalos de confianza:



Aun siendo la relación de  $1,96\sigma$ , para facilitar cálculos, consideraremos que, el error probable, para un nivel de confianza del 95%, será dos veces la desviación estándar de la media  **$E_p = 2 * \sigma$**



## 3.2 Elementos de Calidad Para la Gestión de la Calidad en el ámbito del Catastro

Los criterios principales de calidad a aplicar a un sistema de catastro multipropósito son la **trazabilidad del dato catastral, su confiabilidad y su precisión.**

### 3.2.1 Trazabilidad

Según la Real Academia Española *trazabilidad* es;

- Posibilidad de identificar el origen y las diferentes etapas de un proceso de producción y distribución de bienes de consumo.
- Reflejo documental de la trazabilidad de un producto.
- Propiedad de un resultado de medida que permite relacionarlo con una referencia superior mediante una cadena documentada de calibraciones.

La palabra 'trazabilidad' es una adaptación del vocablo inglés '*traceability*' (derivado del verbo '*to trace*', el cual significa '*rastrear*'); la palabra '*traza*' tiene el significado de '*huella, vestigio o rastro*', por lo que la trazabilidad sería la cualidad o capacidad de seguir la huella o rastro, en este caso, de la información catastral.

El Vocabulario Internacional de Metrología define la **trazabilidad metrológica** como la propiedad de un resultado de medida por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida. La trazabilidad metrológica requiere una jerarquía de calibración establecida. La trazabilidad metrológica de un resultado de medida no garantiza por sí misma la adecuación de la incertidumbre de medida a un fin dado, o la ausencia de errores humanos. La **cadena de trazabilidad metrológica** se define como la sucesión de patrones y calibraciones que relacionan un resultado de medida con una referencia.

Aplicando estos conceptos al ámbito del levantamiento catastral y la gestión de la calidad de la misma, podemos decir que para que exista trazabilidad de la información catastral es necesario identificar su origen, los procesos aplicados a dicha información, y la distribución y localización de la misma, a lo largo de la vida del dato catastral, y documentarla debidamente. La trazabilidad será la capacidad para conocer el "historial" de cada punto que defina cada predio, de forma que, seleccionado un punto cualquiera, la documentación de esta nos permita conocer su origen, las transformaciones que se le



hayan aplicado y su exactitud, entre otros. Por ejemplo, seleccionando un vértice de predio cualquiera, deberíamos poder conocer la siguiente información:

- Cuando y quién lo midió
- Quién fue el informante que mostró el punto
- Qué tipo de punto es
- Metodología e instrumentación utilizada, así como las incertidumbres de las medidas simples
- Medidas que intervienen en la posición final adoptada, así como la dispersión entre dichas medidas
- Exactitud posicional absoluta de la posición final, y por ende, si cumple con los niveles de tolerancia establecidos.

De esta forma, quedaría asegurada la calidad exigida sobre el punto, y podría comprobarse sin necesidad de segundas mediciones en campo, siempre y cuando se haya aplicado el principio de control independiente de las medidas y se haya documentado debidamente, permitiendo su trazabilidad.

Para poder aplicar el criterio de trazabilidad de un dato y/o información catastral, debe documentarse su existencia desde el origen de la misma, en este caso, el levantamiento catastral en su fase de trabajo de campo.

### 3.2.2 Confiabilidad

La Real Academia de la Lengua Española define la **confiabilidad** como la cualidad de confiable o como **fiabilidad** (la probabilidad de buen funcionamiento de algo), entendiéndolo **confiable**, como algo en lo que se puede confiar, es decir, esperar con firmeza y seguridad. La misma institución define **fiabilidad** como cualidad de fiable y la probabilidad de buen funcionamiento de algo; como algo creíble, fidedigno, sin error, algo que ofrece seguridad o buenos resultados.

Podemos pues decir, en el ámbito de la información catastral, que la confiabilidad expresa el nivel de control de la veracidad de dicha información, para lo cual debe estar asegurada la no existencia de errores groseros o equivocaciones en la toma de datos realizada durante el proceso de levantamiento catastral, tanto en la medición de un punto en particular (mediante mediciones controladas de forma independiente), como en su definición (la localización de los puntos siempre debe realizarse acompañado del poseedor o un informante autorizado por éste). Igual que en el caso de la trazabilidad, el proceso de toma de datos debe estar debidamente documentado para poder conocer la veracidad de la información, poder evaluarla, y asegurar la confiabilidad de la misma.



En cuanto a las mediciones de puntos, la mayoría de los errores groseros o equivocaciones deberían eliminarse al poner en práctica procedimientos topográficos profesionales en campo; no obstante, las mediciones deben ser evaluadas para poder determinar la posible existencia de errores groseros no detectados, para así asegurar su confiabilidad, lo que se consigue a través de la integración de controles independientes (y adecuadas) a las mediciones de campo.

La aplicación de **principios de medición controlada de forma independiente en los trabajos de campo**, a todos los puntos sujetos a medición, nos asegurará que la posición de dichos puntos es fidedigna, y existe seguridad sobre el resultado obtenido, sin necesidad de una nueva medición por parte de una entidad supervisora.

Por la concepción y la naturaleza de la información catastral, la evaluación de la confiabilidad mediante la re-medición de una muestra aleatoria (sea simple o estratificada) no debería ser aplicable, al no tratarse de la evaluación de elementos homogéneos (como por ejemplo de objetos de una producción industrial en masa), y al ser necesario que a la totalidad de la información sobre los linderos de los predios se les aplique el criterio de confiabilidad. Todos los predios deberían de satisfacer la condición de confiabilidad, y la veracidad sobre los puntos que conforman sus linderos debería estar asegurada dentro de los requerimientos de calidad exigidos, lo cual puede llevarse a cabo mediante el control independiente de las mediciones aplicados en el mismo momento del levantamiento, sin incurrir en costosos procedimientos de re-medición en fases posteriores.

### 3.2.3 Precisión

La Real Academia de la Lengua Española define la **precisión** como la cualidad de preciso, como algo realizado de manera certera (con conocimiento seguro y claro). En el ámbito científico se suele referir a la precisión de un instrumento de medida, como la capacidad de ésta de obtener el mismo resultado en medidas diferentes realizadas bajo las mismas condiciones; el mismo concepto se aplica a los instrumentos de medición topográfica y geodésica, los cuales presentan diferentes precisiones o incertidumbres en las mediciones.

No debe confundirse la precisión del instrumento de medida utilizado con la precisión obtenida en el proceso de determinación de la posición final del punto, la cual dependerá de la metodología utilizada para el levantamiento de los datos y la precisión de los instrumentos utilizados, entre otros. La aplicación del control independiente de las mediciones generará varios resultados de posición para un mismo punto; la precisión reflejará la proximidad entre dichos resultados, que será mayor cuanto menor sea la dispersión entre las mismas. Si consideramos la exactitud del punto como la proximidad de los valores medidos al valor real o el considerado como tal (en nuestro caso, el promedio o media



aritmética de todas las posiciones medidas para un solo punto), la precisión describirá el margen de tolerancia para la exactitud de la medida de la posición final, que deberá satisfacer los niveles de tolerancia exigidos.

Cabe mencionar que carece de sentido evaluar la calidad posicional de un dato catastral mediante exigencias de precisión si el dato mismo no es confiable, como por ejemplo, si la posición del punto de un predio se deriva de varias mediciones que contienen errores groseros, hecho que se evitaría mediante la aplicación de principios de control independiente de mediciones, ya que permitiría detectar dichos errores y tomar las decisiones pertinentes sobre la obtención de la posición final confiable del punto.

## 4. Aseguramiento de la Calidad mediante el Principio de la Medición Controlada

Para garantizar el cumplimiento de los criterios de calidad citados, trazabilidad, confiabilidad y precisión de la información catastral, deben aplicarse ciertas medidas que habrán de estar claramente identificadas y descritas, y cuya implementación sea factible, eficaz y eficientemente.

Entre otras, una de las medidas más importantes es el aseguramiento de la calidad del dato posicional en el levantamiento catastral, es decir, el aseguramiento de la calidad de la posición de cada uno de los vértices que componen los linderos del predio, para que cumplan los criterios de trazabilidad, confiabilidad y precisión posicional, indicada ésta última por los niveles de tolerancia previamente establecidos.

La gestión de la calidad del dato catastral conlleva el control de muchos aspectos sobre consistencia y exactitud; en este apartado nos centraremos en la exactitud posicional de los puntos que conforman los límites de los predios, cuyos márgenes de tolerancia, así como a qué indicador de dispersión o error se refiere, deben estar claramente descritos en las especificaciones técnicas a aplicar al levantamiento planimétrico catastral.

### 4.1 Principio de Medición Controlada

La idea de la aplicación de un procedimiento de medición controlada en un levantamiento predial nos lleva a contribuir al aseguramiento de la calidad de la información catastral; en el caso de la calidad geométrica, que vendrá dada por la calidad de la posición (coordenadas) de los puntos que forman dichas geometrías, un procedimiento de medición controlada asegurará la veracidad y fiabilidad de



cada punto medido, según las exigencias preestablecidas para los mismos (niveles de tolerancia). El hecho de llevar a cabo este proceso debidamente documentado, posibilita la trazabilidad de cada punto, pudiendo verificar, sin necesidad de repetir el trabajo de campo, el origen de las mediciones, el tratamiento que han tenido durante su/s fase/s de procesamiento, la metodología e instrumentación utilizada y las incertidumbres obtenidas en las mediciones, los operadores que han participado en el proceso, la justificación de sus tomas de decisiones, las fechas de tomas de datos y la identidad de las personas que dieron fe de la veracidad de la localización de los puntos, entre otros.

Consideraremos un principio como una regla al que debe darse cumplimiento para conseguir la meta deseada; en nuestro caso, cumpliremos la condición de que las mediciones realizadas tengan un control independiente para conseguir el aseguramiento de la calidad de los puntos medidos, mediante medidas y/o datos adicionales que permiten la verificación de las mismas en cualquier momento. El de la medición controlada es un principio aplicado de forma general, en un gran número de países, en el proceso de generación de información catastral.

Ejemplos de la aplicación de dicho control independiente, en el caso de un punto medido con instrumentación y metodología GNNS en la fecha 1 y por el operador 1, considerando que no hay ninguna incertidumbre en su definición, pueden ser, por ejemplo:

- Una segunda (tercera, cuarta, etc.) medición del punto con la misma instrumentación y metodología GNNS, pero en diferente época (en diferente fecha o en otra hora, con un mínimo de 30 minutos de diferencia con la medición anterior) y/o operador
- Una segunda (tercera, cuarta, etc.) medición del punto con instrumentación y metodología de topografía clásica (p.e. Estación Total), en la misma época y referenciada a una red de apoyo independiente a la original, o bien verificada ésta con redundancia de mediciones
- La medición de puntos auxiliares, con la misma instrumentación y metodología, y en la misma época, así como la medición de las distancias entre dichos puntos (mediante cinta métrica u otro instrumento o método de medida de distancias), que nos permitan calcular la posición del punto de interés, de forma independiente.

Es decir, es necesaria redundancia en la obtención de la posición del punto, mediante mediciones independientes y adecuadas, bien sean mediciones directas del punto, bien sean mediciones auxiliares que permitan la obtención de la posición del punto. La diferencia tolerable entre el/los punto/s nos asegurará que la exactitud del punto cumple con los requisitos de calidad posicional exigidos. Igualmente, **la redundancia y las medidas independientes pondrán en evidencia, si los hubiera,**



**algunos errores cometidos y no detectados con anterioridad**, que podrán deducirse del análisis de las diferencias encontradas en las posiciones obtenidas.

Para aplicar el principio de la medición controlada, consideraremos los siguientes supuestos:

- Aceptación como valor verdadero la media aritmética de las posiciones del punto obtenidas mediante las medidas realizadas, exentas éstas de errores groseros y sistemáticos, dentro de las tolerancias establecidas para la zona de trabajo.
- Consideraremos que la precisión del punto es la proximidad entre los valores medidos.
- Consideraremos como error posicional absoluto del punto la proximidad de las medidas realizadas con el valor verdadero, en este caso la media aritmética de todas ellas. Este error absoluto debe estar dentro del margen de tolerancia especificado (normalmente un indicador de dispersión), que debe estar expresado en el mismo tipo de magnitud.
- Consideraremos que la tolerancia es el error máximo que puede cometerse para que la medida sea aceptada.

## 4.2 Proceso de la Medición en Campo

La toma de datos en campo en un proceso de levantamiento predial planimétrico depende de muchos factores de diversa índole que definirán el método de trabajo, como pueden ser las características orográficas y ambientales de la zona de trabajo, la instrumentación de medición disponible, los elementos a levantar, los niveles de exactitud exigidos, la formación técnica y experiencia de los operadores, entre otros.

Hoy en día existe gran variedad de equipos instrumentales y metodologías topográficas, lo cual permite al técnico catastral, mediante la combinación de las mismas, y junto a sus conocimientos técnicos y experiencia, diversas formas de realizar medidas controladas para asegurar la calidad de la posición de los puntos medidos, eficaz y eficientemente.

Siendo el catastro un inventario de los datos concernientes a los objetos territoriales<sup>1</sup> legales de una determinada zona basado en la medición de sus límites<sup>2</sup>, el levantamiento catastral debe entenderse como un conjunto de operaciones que tiene por objeto reconocer y determinar el espacio geográfico

---

<sup>1</sup>Un objeto territorial es una porción del territorio en el cual existen condiciones homogéneas dentro de sus límites. *Catastro 2014-FIG*

<sup>2</sup>*Henssen, 1995*



ocupado por el contorno de las figuras que componen los predios y los elementos presentes en él, así como la toma de la información sobre sus características.

La medición en campo de los límites de dichos objetos territoriales proporcionará una representación de la realidad en un plano, en el sistema de representación cartográfica establecido para el catastro, que debería ser coincidente con el Marco de Referencia Geodésica y la estructura cartográfica del país.

#### 4.2.1 Fases de la Medición en campo

El levantamiento catastral debe referirse y apoyarse en el Marco de Referencia Geodésica (u otro tipo de marco de referencia o redes de control posicional) existente. Para cualquier trabajo de medición de cierta precisión, el levantamiento se lleva a cabo en distintas fases o etapas, formando redes apoyadas sucesivamente unas en otras, dependiendo de la densidad y distribución de los vértices del Marco de Referencia, las exigencias requeridas y tolerancias permitidas, y la instrumentación y metodología a utilizar. Definido el Sistema de Referencia en el que se va a trabajar (Datum y Sistema de Coordenadas), dichas fases pueden generalizarse de la siguiente forma:

##### ▪ Red Primaria o Básica

- a) Estudio previo - estudio y análisis de la densidad y distribución de vértices del Marco de Referencia en la zona a levantar. Este estudio debe hacerse con anterioridad al comienzo de los trabajos de medición; debe considerarse la densificación de dicha red de referencia en la zona de trabajo, la cual conformará la red de referencia local principal de base para la zona.
- b) Diseño, materialización y observación de la red local primaria o básica
  - Diseño de la red primaria local – analizando las condiciones de la zona (orografía, visibilidad, obstáculos, etc.) así como la geometría que conforman los vértices de la red a materializar, se procede a diseñar, sobre la cartografía de la zona, una red de bases que debe cubrir toda la zona a levantar, y en la que deben incluirse vértices de la Red Geodésica u otra red de control existente para el enlace con las mismas. La posición de los vértices se estima en la fase de diseño, definiendo la posición definitiva una vez en el campo.
  - Materialización de la red básica local – una vez determinadas las posiciones definitivas de los vértices en campo, se procede a su materialización o monumentación y rotulación, utilizando materiales adecuados y duraderos. Cada vértice debe tener un croquis y una reseña adecuada para su fácil localización e identificación inequívoca.



- Observación y cálculo de la red básica local – independientemente del método a utilizar para la observación de la red (bien por topografía clásica, bien por GNSS), ésta debe ser concienzudamente planificada a priori, y su confiabilidad debe estar garantizada, tanto en la etapa de observación como en la de cálculo y ajuste. Deberán analizarse también, según la instrumentación y metodología elegida para la observación de la red, el análisis de las incertidumbres a priori.

Debe consultarse, previamente a esta etapa, la posible existencia de normativa establecida sobre esta fase, tanto sobre el diseño, la materialización, la observación y el cálculo de la red. Es común que las instituciones competentes en la materia exijan estas redes locales cumplan algunas especificaciones aplicadas a, por ejemplo, la Red Geodésica nacional.

- Diseño, materialización y observación de la **red local secundaria** – es muy probable que surja la necesidad de establecer una red secundaria, apoyada en la red primaria, para poder abarcar toda la zona de trabajo. De igual forma que la red primaria, se necesitará diseñar la red, materializarla, observarla y ajustarla. Este tipo de redes normalmente se establecen bien por topografía clásica mediante poligonales o itinerarios cerrados (desde/a vértices de la red primaria), o bien por métodos GNSS mediante observaciones múltiples y simultáneas en modo estático. Igualmente debe consultarse si existe una normativa a seguir para el establecimiento de estas redes.
- Establecimiento de **bases, puntos auxiliares o puntos de apoyo singulares** (p.e. puntos para el uso de estación total, o puntos para la colocación de una referencia GNSS para trabajar en RTK) cuando sea necesario y conveniente. El establecimiento de puntos singulares debe documentarse convenientemente como parte del levantamiento catastral.

Los puntos (así como el proceso de la obtención de los mismos) que conforman cualquiera de las redes arriba mencionadas deben ser documentados y evaluados rigurosamente, ya que todo el levantamiento catastral se apoyará en ellos. No debe olvidarse uno de los postulados fundamentales de la topografía, de que un punto ha de considerarse como tanto mejor determinado, a igualdad de las demás circunstancias, cuando menor sea el número de operaciones escalonadas que se hayan realizado en su determinación.

- **Levantamiento de detalle** – en esta fase se medirán los puntos necesarios para determinar geoméricamente las figuras que forman los predios (puntos de lindero), así como los puntos necesarios para determinar los demás elementos (puntos auxiliares, construcciones, servidumbres, etc. según modelo de datos definido). La calidad de los puntos que conforman el lindero del predio se asegurará mediante la aplicación del principio de medición controlada por medio de la obtención de redundancia en las mismas, en forma de mediciones independientes adecuadas.





Todas las fases deben ser documentadas como parte de del levantamiento catastral, utilizando los formatos y protocolos de campo adecuados (por ejemplo, formato de observación de red primaria con metodología GNSS, o un formato de croquis para el levantamiento de detalle del predio), y generando listados de resultados e informes técnicos correspondientes.

#### 4.2.2 Medición Controlada de los Puntos de Lindero

Es conveniente establecer diferentes clases de puntos (en cuanto a cómo abordar el control independiente de los mismos), ya que sus características determinarán la complejidad de la realización de medidas de control independientes. Podrían clasificarse dos casos generales; el punto medido de forma directa, y el medido de forma indirecta.

Entenderemos como **punto medido de forma directa** aquel que se mide directamente sobre el punto, sin necesidad de deducir la posición de ésta por medio de medidas indirectas o complementarias, como por ejemplo un punto medido por metodología GNSS en modo estático o en modo RTK, o un punto medido con Estación Total.

La medición controlada del punto dependerá de una combinación de características como son el operador, la metodología, la instrumentación y la época (fecha y hora) en la que se realice la medida.



Figura 2: Medición de puntos de forma directa (RTK y Estación Total)

Entenderemos como **punto medido de forma indirecta** aquel cuya posición no se toma sobre el punto mismo, sino que su posición debe calcularse y deducirse por medio de medidas indirectas o complementarias, como por ejemplo un punto determinado a partir de distancias medidas desde puntos auxiliares (medidos de forma directa) por medio de la intersección de las mismas. Un caso



común es cuando la vegetación presente en el punto a medir imposibilita el uso de instrumentación GNSS por problemas de recepción de señal, o bien dicha vegetación impide la visibilidad del punto para poder ser medido con una estación total; una posible solución para la determinación de la posición del punto sería la de medir dos puntos auxiliares de forma directa en un área donde es posible, y medir las distancias al punto de interés; su posición se determinará por intersección.

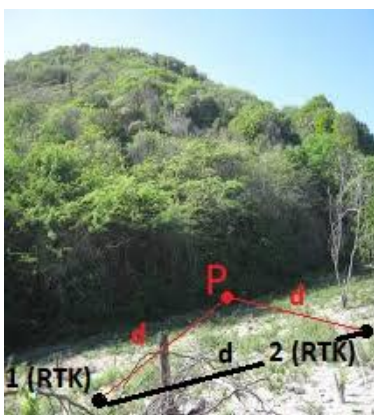


Figura 3: Medición de puntos de forma indirecta – a partir de los puntos 1 y 2, medidos de forma directa por RTK, y las medidas de distancia desde éstas al punto de interés *P*; obtendremos la posición de *P* por intersección. La medida de la distancia entre los puntos 1 y 2 nos proporcionarán un control extra sobre la calidad de los puntos 1 y 2, y por ende la calidad de la posición del punto *P*.

En los siguientes apartados se describe cómo realizar la medida controlada, según cómo haya sido medido el punto a controlar (de forma directa o indirecta), con los casos enunciados en la siguiente tabla:

Tipo de punto	Medición controlada mediante		
Medido de forma directa	Mediciones directas redundantes	Levantamiento de predios colindantes	
		Doble medición	GNSS
			Estación Total
	Medición de puntos auxiliares y medidas de distancias	Intersección	
Alineaciones			

Medido de forma indirecta	Mediciones indirectas redundantes mediante medición de puntos auxiliares y medidas de distancias
---------------------------	--

Tabla 1: Medición controlada de los puntos lindero

#### 4.2.2.1 Punto Medido de forma Directa

Considerando un punto del lidero de un predio ha sido ya medido una vez, y que su posición puede determinarse por una medición directa, veremos los siguientes casos para poder controlar dicha medida y obtener medidas redundantes de forma independiente, para así poder asegurar la calidad del levantamiento de dicho punto con:

##### 4.2.2.1.1 Control mediante mediciones directas redundantes

- 1) Segunda (tercera, cuarta, ...) medición del punto obtenida por el **levantamiento de los predios colindantes**. Para el caso de los puntos que son comunes a más de un predio, se medirán directamente y se obtendrán tantas posiciones como colindancias tenga el predio en dicho punto.

### Ejemplo 1:

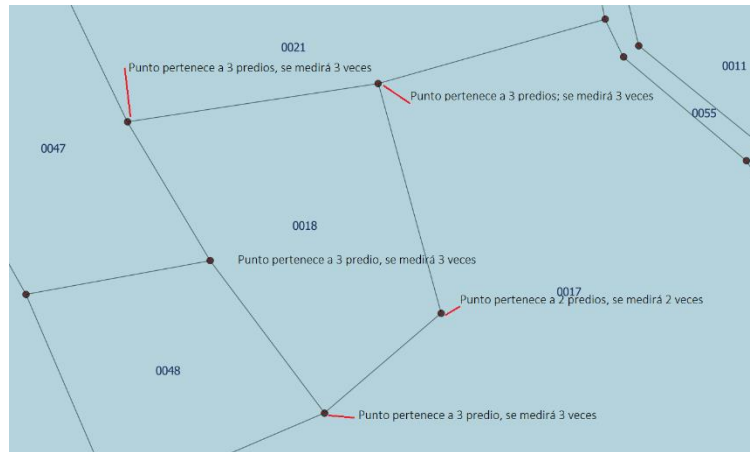


Figura 4: Puntos comunes a más de un predio

- Ventajas: la medición es directa, así como el procesado de la misma.
  - Inconvenientes: ninguno, es el caso más sencillo dado.
- 2) Segunda (tercera, cuarta, ...) medición del punto obtenida por la **doble medición** o la repetición de la medición en el mismo punto de forma directa e independiente, de forma adecuada y durante el levantamiento del predio en cuestión. Veremos los siguientes dos casos:
- (a) Metodología GNSS - repetición de la medición en el mismo punto de forma directa por metodología GNSS, pero en diferente época. Para que la medición sea independiente, deberá transcurrir cierto tiempo entre una y otra medición, para que la posición se determine mediante una diferente geometría de los satélites según el posicionamiento en sus órbitas. El tiempo mínimo que debe transcurrir entre dos mediciones sería de 30 minutos (\*).
- *(\*)Nota: los satélites del sistema GPS se engloban en una constelación llamada Navstar, con aproximadamente 31 satélites (con al menos 24 de ellos operativos actualmente), que se trasladan en una órbita media a una altitud de unos 20200 Km sobre la tierra. Cada satélite gira completamente sobre la tierra cada 12 horas (dos vueltas a la tierra al día), a una velocidad orbital de unos 14000 km/h, por la que la posición de los satélites sobre nuestro horizonte o cielo, va cambiando en cada momento. En los equipos GNSS puede consultarse los satélites "visibles" en cada momento, así como su movimiento y la entrada/salida de nuevos satélites en nuestro horizonte.*



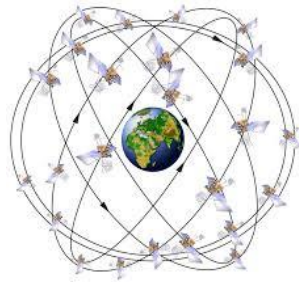


Figura 5: Constelación Navstar, Departamento de Defensa de EEUU (fuente: [www.gps.gov](http://www.gps.gov))

- **Ejemplo 2:** Medición del punto, con metodología RTK, 5 horas después de la primera medición
  - **Ventajas:** La medición del punto y su procesado son directos. Es útil en casos donde no se vaya a medir ningún predio colindante (por el ejemplo en los límites de la zona de trabajo), en el caso de que haya un predio colindante pero el acceso al punto no sea posible desde el mismo (resulta más rentable volver a medir el punto que intentar acceder a ella desde el predio contiguo), o en el caso de puntos de muy difícil acceso, donde resulta mejor esperar un tiempo sin moverse del punto y volver a medir, que volver a acceder a ella.
  - **Inconvenientes:** la medición controlada del punto conlleva algo más de tiempo
  - **Ejemplo 3:** Medición del punto, con metodología RTK, desde una referencia GNSS distinta.
  - **Ventajas:** La medición del punto y su procesado son directos. Es útil en casos donde no se vaya a medir ningún predio colindante (por el ejemplo en los límites de la zona de trabajo), en el caso de que haya un predio colindante pero el acceso al punto no sea posible desde el mismo (resulta más rentable volver a medir el punto que intentar acceder a ella desde el predio contiguo), o en el caso de puntos de muy difícil acceso, donde resulta mejor esperar un tiempo sin moverse del punto y volver a medir, que volver a acceder a ella. No conlleva ningún tiempo de espera.
  - **Inconvenientes:** es necesaria la existencia de otra base de referencia GNSS, y la posibilidad de conexión a la misma.
- (b) Metodología de Topografía Clásica (Estación Total) - repetición de la medición en el mismo punto de forma directa mediante una estación total. Si la primera medición del punto se ha realizado mediante métodos GNSS, mediremos el punto mediante estación total, asegurándonos de que los puntos de estacionamiento en los que se basará la medición

cumplen con los niveles de calidad exigida. Si la primera medición del punto se ha realizado mediante una estación total, para que la medición sea independiente deberá medirse el punto desde una base de estacionamiento y referencia de orientación diferente, lo cual permitiría la detección de errores, si los hubiera.

- **Ejemplo 4:** Medición de un punto previamente medido por metodología GNSS, por método de radiación con estación total, desde una base de estacionamiento diferente, así como una referencia de orientación diferente.
- **Ventajas:** La medición del punto y su procesado son directos. Puede aplicarse en zonas donde en ese momento la señal GNSS es deficiente o inexistente, bien sea la señal de los satélites, o bien la de la referencia GNSS (si se trabaja en modo RTK). Es útil en casos donde no se vaya a medir ningún predio colindante (por el ejemplo en los límites de la zona de trabajo), en el caso de que haya un predio colindante pero el acceso al punto no sea posible desde el mismo (resulta más rentable volver a medir el punto que intentar acceder a ella desde el predio contiguo), o en el caso de puntos de muy difícil acceso, donde resulta mejor volver a medir el punto, que volver a acceder a ella. En casos donde la visibilidad es amplia, existe la ventaja de que desde un solo estacionamiento puedan realizarse medidas de control de varios (o incluso de todos) los puntos del lindero del predio.
- **Inconvenientes:** la medición controlada del punto conlleva que existan puntos (un mínimo de 4) previamente establecidos para el estacionamiento y orientación del instrumento, y de los cuales su calidad debe estar asegurada para evitar la posible transmisión de errores (por ejemplo, puntos de la red local o de la red secundaria).
- **Ejemplo 5:** Medición de un punto previamente medido con estación total, mediante el método de radiación con estación total, desde una base de estacionamiento diferente, así como una referencia de orientación diferente.
- **Ventajas:** las mismas que en el ejemplo 4, con la ventaja adicional de que, si la primera medición se realizó por medio de estación total, ya existen en la zona algunos puntos de referencia en los que estacionarse.
- **Inconvenientes:** las mismas que en el ejemplo 4.



#### 4.2.2.1.2 Control mediante Medición de Puntos Auxiliares y Medidas de Distancias

1) **Intersección** – Medición de dos puntos auxiliares, la distancia entre ellas y las distancias desde ellas al punto a controlar. Debe procederse de la siguiente forma, siendo P el punto al que se le va a aplicar el control:

- Medir dos puntos auxiliares, puntos 1 y 2, formando un triángulo con el punto a controlar; el ángulo en dicho punto debe ser lo más aproximado al recto ( $100^g / 90^{\circ}$ ), y debe evitarse que sea menor de  $25^g / 22.5^{\circ}$ . Se recomienda que las distancias sean mayores de 3 metros. Para la aplicación de este método de control es necesario cumplir la condición de que **el ángulo en el punto de interés se aproxime al recto para obtener una buena geometría de intersección**
- Medir la distancia entre los puntos auxiliares 1 y 2 ( $d_1$ ) - es conveniente marcar temporalmente estos dos puntos, para medir con la cinta métrica desde ellos; una simple estaca bastaría)
- Medir las distancias, desde ambos puntos auxiliares 1 y 2, al punto P ( $d_2$  y  $d_3$ )

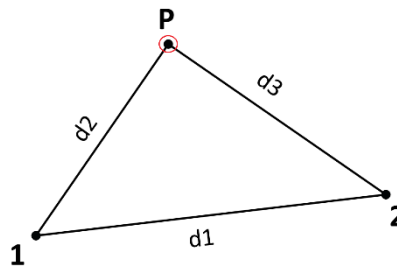


Figura 6: Medición de distancias desde puntos auxiliares

- Ejemplo 6: Medición de un punto P (previamente medido en RTK), mediante los puntos auxiliares 1 y 2 (medidos en RTK), y las distancias entre ellos y el punto de interés (mediante cinta métrica). Nos habremos asegurado de elegir adecuadamente la situación de los puntos auxiliares 1 y 2 para una geometría óptima de intersección, siendo  $A$  lo más próximo posible al ángulo recto.

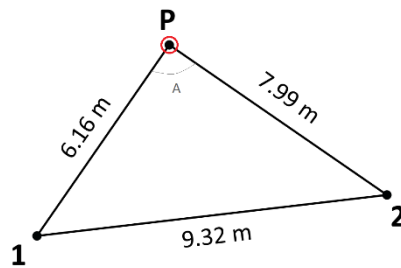


Figura 7: Ejemplo de medición de distancias desde puntos auxiliares (geometría óptima)

- Ventajas: podemos realizar la medida de control en el mismo momento que la primera medición del punto; pueden medirse consecutivamente los puntos P, 1 y 2 en RTK, poniendo una estaca o marca en los puntos 1 y 2; a continuación, medimos con la cinta las tres distancias. Si se planteara la opción de controlar el punto mediante el procedimiento descrito en (b)2, donde habría que esperar un tiempo hasta poder volver a medir el punto, esta es una buena alternativa de medición, ya que se tarda menos tiempo.
- Inconvenientes: aunque la inversión de tiempo que conlleva este tipo de medición es baja, conlleva también un tiempo posterior de cálculo de la intersección para la determinación de la posición del punto.

También debe haber espacio suficiente para realizar las mediciones, tanto en cuanto a la geometría adecuada para la intersección, como en cuanto a las distancias existentes entre los tres puntos. El terreno tampoco debe tener mucha pendiente, pues la medición de distancias con cinta puede complicarse y conllevar a medidas incorrectas.

2) **Alineación** – Medición de dos puntos auxiliares, la distancia entre ellas, y la distancia al punto a controlar, estando ésta estrictamente **en línea** con los dos anteriores. Debe procederse de la siguiente forma, siendo P el punto al que se le va a aplicar el control:

- Medir dos puntos auxiliares 1 y 2; para ello debe primeramente determinarse una alineación entre los puntos 1 y P (existen diferentes formas de materializar una alineación, ver apartado 5 de este documento), para poder situar el punto 2 en la misma línea. Es estrictamente necesario, para garantizar la fiabilidad de las mediciones, **que los tres puntos estén alineados**; en caso contrario, se introducirían errores en la medición, y el efecto sería el contrario al buscado.





- Medir la distancia entre los puntos auxiliares 1 y 2 ( $d1$ ), y la distancia desde ambos puntos auxiliares 1 y 2, al punto P ( $d2$  y  $d3$ ) - deben marcarse temporalmente estos dos puntos, al momento de determinar la línea, para medir la distancia entre ellos (una simple estaca bastaría)

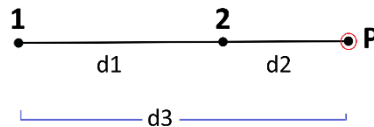
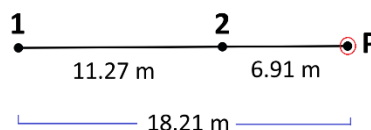


Figura 8: Medición de distancias desde puntos auxiliares alineados

- **Ejemplo 7:** Medición de un punto P (previamente medido en RTK), mediante los puntos auxiliares 1 y 2 (alineados mediante con P bastones y medidos en RTK), y las distancias entre ellos y el punto de interés (mediante cinta métrica). Nos habremos asegurado de determinar los puntos auxiliares 1 y 2 formando una línea con el punto P, con la ayuda de otros dos operadores y bastones o jalones, o bien con una alidada, o utilizando el anteojo una estación total (u otro instrumento)

Figura 9: Ejemplo de medición de distancias desde puntos auxiliares alineados



- **Ventajas:** podemos realizar la medida de control en el mismo momento que la primera medición del punto; pueden medirse consecutivamente los puntos P, 1 y 2 en RTK, habiendo determinado y marcado en el terreno la línea recta que contiene a los tres; a continuación, medimos con la cinta las tres distancias. La medición de la distancia entre el punto 1 y P nos dará un control extra sobre las distancias parciales 1-2 y 2-P; en el ejemplo vemos que la distancia 1-P (18.21 m)

difiere en 0.03 m la suma de las distancias 1-2 y 2-P ( $11.27+6.91=18.18$  m); que la diferencia sea solamente de 3 cm nos da una idea de que la alineación es correcta; si los tres puntos no estuvieran en una recta, la suma de las distancias parciales sería mucho mayor que la medida entre 1 y P.

- Inconvenientes: aunque la inversión de tiempo que conlleva este tipo de medición es mayor que la del caso anterior (intersección), y conlleva también un tiempo posterior de comprobación y cálculo para la determinación de la posición del punto.

También debe haber espacio suficiente para realizar las mediciones, tanto en cuanto a la geometría adecuada para la intersección, como en cuanto a las distancias existentes entre los tres puntos. El terreno tampoco debe tener mucha pendiente, pues la medición de distancias con cinta puede complicarse y conllevar a medidas incorrectas.

El trazado de alineaciones rectas puede hacerse a simple vista con bastante precisión (siguiendo el procedimiento correcto para ello), especialmente si los puntos extremos no se hallan muy distantes entre ellos. Normalmente es necesaria la participación de 3 operadores para establecer la alineación debidamente mediante bastones, práctica usual en la topografía. Es **necesario que los tres puntos estén sobre la misma línea** para realizar la medida de control de esta forma, ya que de lo contrario se introducirían errores en la medición, y el efecto sería el contrario al buscado. La medición de la distancia 1-P es necesaria para el control del posible ángulo entre las líneas 1-2 y 2-P (que debería ser de  $200^\circ / 180^\circ$ ); cuanto más grande sea la diferencia entre el sumatorio de las distancias parciales medidas y la distancia total medida, más se alejará la línea de la rectitud (el ángulo entre las líneas 1-2 y 2-P irá disminuyendo). La distancia más corta entre 1-P será la medida sobre la línea recta que los une.

Por la necesidad de rigurosidad en su aplicación, se recomienda utilizar esta metodología con sumo cuidado.

#### 4.2.2.2 Punto Medido de forma Indirecta

Considerando un punto del lidero de un predio ha sido ya medido una vez, determinada su posición por una medición indirecta por medio de medidas auxiliares, veremos los siguientes casos para poder controlar dicha medida y obtener medidas redundantes de forma independiente, para así poder asegurar la calidad del levantamiento de dicho punto.

Para la medición indirecta de un punto con garantías es recomendable utilizar metodologías como las de *Intersección* y *Alineaciones* arriba descritas, que se aplican, por ejemplo, cuando la vegetación



presente en el punto a medir imposibilita el uso de instrumentación GNSS por problemas de recepción de señal, o bien dicha vegetación impide la visibilidad del punto para poder ser medido con una estación total. Analizaremos los siguientes casos, suponiendo que la primera medición del punto se ha realizado de esta forma.

#### 4.2.2.2.1 Control mediante mediciones indirectas redundantes

Segunda (tercera, cuarta,...) medición indirecta del punto obtenida bien por el levantamiento de los predios colindantes, como por repetición de la medida dentro del levantamiento de un mismo predio. Para el caso de los puntos que son comunes a más de un predio, se medirán de forma indirecta y se obtendrán tantas posiciones como colindancias tenga el predio en dicho punto.

Se procederá de la forma descrita en el apartado 1) del 4.2.3.1.2 “Medición *mediante puntos auxiliares y medidas de distancias*”, midiendo el punto preferentemente con el método de Intersección. Al haber sido el punto P medido por primera vez de forma indirecta (por no ser posible su medición de forma directa), el control se realizará de la misma forma, pero **los puntos auxiliares deberán ser distintos** a los utilizados en la primera medición, para que la posición obtenida sea independiente.

- Medir los puntos auxiliares 1 y 2 (marcados en el terreno de forma temporal), formando un triángulo con el punto P, con un ángulo próximo al recto en dicho punto para obtener una buena geometría de intersección Medir la distancia entre los puntos auxiliares 1 y 2, y las distancias de los mismos al punto P ( $d1$ ,  $d2$  y  $d3$ ). En la Figura 13 se representa la primera medición en color negro.
- Medir los puntos auxiliares 3 y 4 (marcados en el terreno de forma temporal), formando un triángulo con el punto P, con un ángulo próximo al recto en dicho punto para obtener una buena geometría de intersección Medir la distancia entre los puntos auxiliares 3 y 4, y las distancias de los mismos al punto P ( $d4$ ,  $d5$  y  $d6$ ). En la Figura 13 se representa la primera medición en color azul.
- Los observables 1, 2,  $d1$ ,  $d2$  y  $d3$  nos determinarán una posición P' para el punto lindero. Los observables 3, 4,  $d4$ ,  $d5$  y  $d6$  nos determinarán una posición P'' independiente de la anterior, para el mismo punto. La diferencia entre de las posiciones de P' y P'' tendrá que estar dentro del margen de tolerancia



establecido, y la posición final P se obtendrá por promedio de ambas; la calidad posicional de dicho punto queda asegurada y documentada.

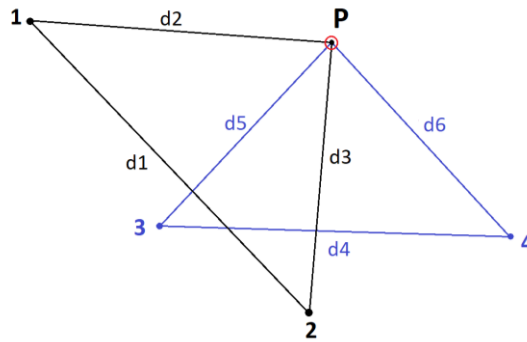
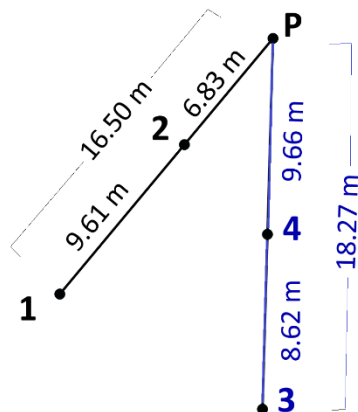


Figura 10: Medición de un punto y su correspondiente medida de control, ambos de forma indirecta mediante dos puntos auxiliares y medidas de distancia.

- **Ejemplo 8:** Medición de un punto P (previamente medido por el método medición de distancias entre puntos alineados con P mediante bastones, a partir de los puntos 1 y 2 medidos en RTK), mediante los puntos auxiliares 3 y 4 (alineados mediante con P bastones y medidos en RTK), y las distancias entre ellos y el punto de interés (mediante cinta métrica). Nos habremos asegurado de determinar los puntos auxiliares 3 y 4 (al igual que lo fueron 1 y 2) formando una línea con el punto P, con la ayuda de otros dos operadores y bastones o jalones.

En ambos casos (primera medida en color negro, medida de control en color azul), se procederá primeramente con la definición de las alineaciones (1-2-P, y 3-4-P), marcando temporalmente los puntos sobre el terreno, y se procederá después a la medición de las tres distancias con cinta. Calculando las diferencias entre los sumatorios de las distancias parciales con las distancias totales,



podremos comprobar si se han cometido errores groseros (por ejemplo, la falta de alineación entre los puntos o una equivocación en la lectura de la cinta métrica). En el caso ejemplo, dado que dichas diferencias son pequeñas (6 cm y 1cm respectivamente), si se hubiera cometido algún error grosero, no sería la falta de alineación.

Figura 11: Medición de un punto y su correspondiente medida de control, ambos de forma indirecta mediante dos puntos auxiliares alineados y medidas de distancia.

- Ventajas e inconvenientes: las descritas en el ejemplo 7

#### 4.2.2.2.2 Control mediante medición de puntos auxiliares y medidas de distancias

En el caso del aseguramiento de la calidad de los puntos medidos de forma indirecta, las medidas de control han de tomarse también de forma indirecta, mediante la medición de puntos auxiliares y medidas de distancias, tal como se ha descrito en el apartado anterior.

### 4.2.3 Casos de Uso

Aunque puedan presentarse algunas excepciones, para los casos propuestos se asumen las siguientes premisas:

- Se medirán, de forma controlada, todos los puntos que conforman los linderos que definen el predio en su forma
- Se medirán todos los predios por completo
- Toda la zona de trabajo quedará cubierta, sin omisión de predios

En el Anexo 1 se presentan, en forma de tabla, los casos más comunes que se encuentran en los levantamientos catastrales, con ejemplos para los predios de áreas rurales, pero que son aplicables a cualquier tipo de predio. La metodología para aplicar el principio de la medición controlada debe ser flexible y adaptada para cada situación; para cada caso se propondrá un procedimiento para la medición controlada del punto (que no será único), basado en la experiencia en trabajos de levantamiento catastral masivo, con el fin de mostrar algunas de las posibles operaciones en campo, persiguiendo siempre el aseguramiento de la calidad posicional de los elementos a levantar, eficaz y efectivamente.

Los casos analizados, con referencia a los métodos de mediciones de control descritos en el apartado anterior, son los siguientes:



Caso #	Descripción
1	Punto de lindero con más de un colindante - Punto medible de forma directa con cualquier método (GNSS o Topografía Clásica)
2	Punto de lindero con más de un colindante - Punto no medible de forma directa; medición indirecta con cualquier método (GNSS o Topografía Clásica)
3	Punto de lindero que no va a volver a medirse en campo - Punto medible de forma directa con cualquier método (GNSS o Topografía Clásica)
4	Punto de lindero que no va a volver a medirse en campo - Punto no medible de forma directa; medición indirecta con cualquier método (GNSS o Topografía Clásica)

Tabla 2: Casos de uso en la medición controlada de los puntos lindero

#### 4.2.4 Documentación del proceso de Medición en Campo

El proceso de toma de datos debe documentarse, en todas sus fases, para asegurar la trazabilidad y la confiabilidad del dato catastral levantado. La documentación puede llevarse a cabo de distintas formas, y se recomienda la utilización de normas claras y concisas de documentación y registro de información, apoyándose en símbolos convencionales y codificaciones adecuadas para ello (definidas en las Especificaciones Técnicas a aplicar), independientemente de si la captura y el registro de datos se realiza en formato físico (papel), o de forma digital. El registro de los datos de campo se realizará mediante los sistemas de almacenaje de los instrumentos utilizados (para los observables) y la elaboración de un croquis de campo, que será vital para la correcta interpretación de la realidad encontrada en campo y el procesamiento de los datos levantados.

#### 4.2.5 Croquis de Campo

Es recomendable que exista una guía para la elaboración de croquis de campo, así como ciertas convenciones que describan toda la información levantada en el croquis y garanticen la homogeneidad de los croquis, como pueden ser:

- Formulario de croquis de la medición del predio (propuesta en el Anexo 2)
- Simbología para representar los elementos recogidos en el croquis (puntos, líneas, etc.), con los signos convencionales para todos los casos posibles, así como reglas de anotación de mediciones / acotación de elementos, y abreviaturas de atributos descriptivos



- Codificación de los puntos medidos (propuesta en el Anexo 3)
- Codificación de los métodos e instrumentos utilizados (propuesta en el Anexo 4)
- Listados de códigos de usos del predio
- Cualquier otra convención que aplicar

En la siguiente tabla se resume la información a registrar en el croquis, con algunas observaciones y recomendaciones al respecto:



Tipo de Información / Documento		Información a registrar		Observaciones_1	Recomendaciones	Observaciones_2	
Encabezado	Información sobre la localización del predio	Identificador único catastral	1	Código	Codificación establecida por la institución catastral correspondiente	Verificar que la ficha de campo corresponde al predio	
		Departamento	2	Código Departamento	Codificación Oficial	Todo personal involucrado en el levantamiento catastral debe poseer un listado actualizado de dicha codificación	Codificación Oficial, normalmente publicado por la institución competente en materia de datos estadísticos
		Provincia	3	Código Provincia	Codificación Oficial		
		Municipio	4	Código Municipio	Codificación Oficial		
	Sector catastral / Sector de trabajo	5	Código, Número identificador, o una combinación de los mismos	si existiera dicha sectorización	Es necesaria la sectorización de la zona de trabajo para una planificación óptima de los trabajos de campo, normalmente atendiendo a las condicionantes del proceso de barrido catastral como pueden ser elementos naturales, zonas de características homogéneas, acceso a las diferentes zonas u otros aspectos logísticos, límites administrativos de menor orden, etc. Los diferentes sectores deben numerarse o codificarse.		
	Información sobre las personas involucradas	Técnico catastral	6	Fecha de medición	dd/mm/aaaa	Idem Formulario Predial	
			7	Nombre del técnico catastral	Nombre completo o código personal	Idem Formulario Predial	
			8	Firma del técnico catastral	Firma manuscrita	Idem Formulario Predial	
		Informante / poseedor	9	Relación del informante con el poseedor	en caso de que no sea el propio poseedor quien muestre el predio, registrar la relación del informante con el mismo	Idem Formulario Predial	
			10	Nombre del poseedor o informante	Nombre completo según Documento de Identidad	Idem Formulario Predial	
			11	Número de <i>Identidad Personal</i> del poseedor o informante	El poseedor o informante debe <u>mostrar su documento oficial de identidad</u> al técnico catastral	Idem Formulario Predial	
			12	Firma del del Informante o poseedor	Firma manuscrita	Idem Formulario Predial	
			13	Fecha de la firma	dd/mm/aaaa	Idem Formulario Predial	
		Supervisor	14	Fecha de supervisión	dd/mm/aaaa	Idem Formulario Predial	
			15	Nombre del supervisor	Nombre completo o código personal	Listado de códigos personales de los supervisores	
	16		Firma del supervisor	Firma manuscrita	Idem Formulario Predial		
	Información sobre las mediciones	Metodología	17	Identificador método	Puede intervenir más de una metodología	Listado de códigos o abreviaturas de metodología (GNSS-estático rápido, GNSS-RTK, Estación Total, etc.)	
			Instrumentación	GNSS	18	Identificador receptor GNSS de Referencia	Código identificador único del receptor GNSS
		19			Identificador receptor GNSS Móvil	Código identificador único del receptor GNSS	
		Estación Total		20	Identificador colector datos GNSS	Código identificador único del colector de datos GNSS	
				21	Identificador ET	Código identificador único de la ET	
		22	Identificador colector datos ET	Código identificador único del colector de datos ET			
Área gráfica	Predio	Identificador único catastral del predio	23	Código	Codificación establecida por la institución catastral correspondiente	Al ser un normalmente una identificador largo, ver la posibilidad de anotar solamente una parte, que sea identificativa. Es práctico anotar también el nombre del poseedor	
		Identificador único catastral del predio	24	Código	Codificación establecida por la institución catastral correspondiente	Idem	
	Límites	Lindero del predio a medir	25	Línea	Según Simbología establecida	Línea continua para linderos	
		Linderos de predios colindantes	26	Línea	Según Simbología establecida	Trazar una pequeña línea para indicar los cambios de colindancias	
		Construcciones	27	Línea	Según Simbología establecida	Línea continua	
		Servidumbres	28	Línea	Según Simbología establecida	Línea discontinua, por ejemplo	
	Puntos	Punto	29	Punto medido	Según Simbología establecida	La simbología debe responder a todos los tipos de puntos; puede utilizarse combinar símbolo + texto para registrar tipo de punto + atributo	
		Id. punto	30	Identificador del punto	Codificación + numeración	Codificación de los puntos, puede ser: operador. municipio. Sector de trabajo. Predio. Número de punto. Ejemplo: T1.394.01.001.1, Técnico 1, municipio 394, sector 01, predio 001, punto n°1	Un identificador del punto de este tipo permite, de un solo vistazo, ver a que municipio/sector/predio pertenece y quién lo midió; esto es de gran ayuda a la hora de trabajar con los puntos, ya que son fácilmente seleccionables por su nombre. La numeración simple de los puntos, reiniciando en cada predio no es recomendable para su posterior procesamiento.
		Id punto colindante	31	Identificador del punto del predio colindante (en caso de puntos de lindero)	Para ello es necesario marcar temporalmente los puntos medidos con una etiqueta donde se indique el Id de punto utilizado, para que el técnico que mida el predio colindante anote dicho Id	Es muy práctico, a la hora de identificar dos medidas del mismo punto de colindancia (en una nube de puntos grande), saber de antemano cuales son los puntos correspondientes al vértice. Ejemplo: el punto lindero 1 del predio 001 es el mismo que el punto 3 del predio colindante 002, es decir T1.394.01.001.1 y T7.394.01.002.3 corresponden al mismo vértice.	
	Medidas auxiliares	distancias desde puntos auxiliares	32	Línea + anotación distancia medida	Según simbología y convenciones de acotación establecidas	Línea punteada, por ejemplo	
distancias de elementos existentes		33	Anotación de distancia medida	sobre los elementos existentes (por ejemplo construcciones o linderos)			

DETERMINACIÓN DE LA POSICIÓN DE LOS VÉRTICES QUE CONFORMAN EL PREDIO

Croquis de campo

Área gráfica



#### 4.2.6 Otros formularios de Campo

Existen otros procedimientos geodésicos y topográficos llevados a cabo en alguna de las diferentes fases del levantamiento catastral, que también deben ser adecuadamente documentados para poder evaluar la calidad de las mediciones que de ellas se derivan o en las que se apoyan.

A continuación, se presentan algunas propuestas para los siguientes formularios y/o formatos de documentación de los diferentes procedimientos:

Formulario
Observación Puntos Auxiliares mediante GNSS – <i>propuesta en Anexo 5</i>
Observación Puntos Auxiliares mediante Topografía Clásica – <i>propuesta en Anexo 6</i>
Formato para levantamiento de puntos mediante Estación Total – <i>propuesta en Anexo 7</i>

#### 4.2.7 Formularios de Control

Es recomendable llevar un control documentado de los procedimientos y protocolos relacionados con el control de calidad de los puntos que conforman los linderos de los predios, para cumplir con los criterios de calidad de trazabilidad, confiabilidad y precisión; normalmente se incluyen en el Plan de Calidad.

A continuación, se presentan algunas propuestas para los siguientes formularios y/o formatos de documentación:

Formulario
Ficha de control de expediente catastral; en ella se documentan las evaluaciones de la elaboración del croquis de campo y el formulario predial o ficha catastral, tanto en la fase de supervisión en campo, como en la de gabinete, para cada predio levantado. Se documentarán las incidencias encontradas, las necesidades de subsanación, así como las decisiones tomadas en las diferentes fases del levantamiento catastral y su procesamiento, asegurando así la trazabilidad de la información catastral– <i>propuesta en Anexo 8</i>
Ficha de control del estacionamiento de la referencia GNSS; dicha documentación servirá para el control de las coordenadas de la referencia GNSS y las alturas de antena medidas, ya que afectarán a todos los puntos medidos durante el levantamiento predial – <i>propuesta en Anexo 9</i>
Ficha de control de predios medidos por técnico o cuadrilla topográfica; servirá para llevar un control sobre los predios medidos – <i>propuesta en Anexo 10</i>

#### 4.2.8 Datos por documentar una vez procesados los puntos (posiciones calculadas)

En la siguiente tabla se describen los datos recomendables a documentar (dependerá del catálogo de objetos catastrales existentes, y los entregables especificados), una vez procesados los datos de campo:

#	Dato	Dónde / cómo está documentado?
<b>Punto – medición simple</b> (para todos los puntos medidos)		
1	Localización	Codificación del punto
2	Fecha y hora	Instrumentación, croquis
3	Operador	Instrumentación, croquis, codificación del punto
4	Quién mostró el punto (para puntos de lindero)	Croquis
5	Metodología	Croquis
6	Instrumento	Croquis
7	Tipo de punto	Simbología en croquis
8	Identificador del punto	Codificación del punto
9	Coordenada Este	Software de procesamiento / tabla de puntos
10	Coordenada Norte	Software de procesamiento / tabla de puntos
11	Altitud (recomendable)	Software de procesamiento / tabla de puntos
12	Indicador de calidad de la Coord Este	Software de procesamiento / tabla de puntos
13	Indicador de calidad de la Coord Norte	Software de procesamiento / tabla de puntos
14	Indicador de calidad de la Altitud	Software de procesamiento / tabla de puntos

#	Dato	Dónde / cómo está documentado?
<b>Mediciones de control</b> (que no sean puntos)		
15	Distancias	Croquis, Instrumentación
<b>Punto Promediado</b> (tabla de puntos)		
16	Fecha y hora	Registrado por el software de procesamiento
17	Operador	Nombre o identificador del procesador de datos
18	Tipo de punto	Codificación
19	Nombre punto promediado	Codificación para diferenciarlo de una medición sencilla
20	Coordenada Este	Software de procesamiento
21	Coordenada Norte	Software de procesamiento
22	Indicador de calidad de la Coord Este	Software de procesamiento – exactitud absoluta
23	Indicador de calidad de la Coord Norte	Software de procesamiento – exactitud absoluta
24	Nivel de tolerancia exigido	Especificaciones Técnicas
25	Cumplimiento del NdT	Listado de puntos - diferencias
26	Punto Origen_1	Listado de puntos
27	Punto Origen_2	Listado de puntos
28	Punto Origen_3	Listado de puntos
29	Punto Origen_4	Listado de puntos

### 4.3 Eficiencia, Eficacia, Efectividad, Calidad, Productividad y Rentabilidad

Un proceso de levantamiento predial comprende la generación o producción de datos catastrales; como tal, deben tratarse los conceptos de eficiencia, eficacia, efectividad, calidad, productividad y rentabilidad de dicho proceso de producción de información catastral.

En el caso del aseguramiento de la calidad en el levantamiento predial, éste puede describirse como el esfuerzo para planificar, organizar, dirigir y controlar la calidad de un proceso de generación de posiciones de puntos que conforman límites de predios, con el objetivo de obtener dichas posiciones con la calidad adecuada, establecida ésta de antemano. La **calidad** que se pretende asegurar será la conformidad con las especificaciones requeridas, en este caso determinadas por los niveles de tolerancia (error máximo aceptable) fijadas en las Especificaciones Técnicas para los levantamientos planimétricos prediales, según las características de la zona en la que se esté llevando a cabo el levantamiento predial.

Puede definirse la **productividad** como la relación entre los resultados obtenidos y los recursos necesarios para obtenerlos, dentro de un plazo dado y considerando la calidad; la productividad implica la eficiencia, la eficacia, la efectividad y la calidad. En el caso del aseguramiento de la calidad en el levantamiento predial, la meta deseada es la obtención del aseguramiento de la calidad del 100% de las posiciones de los puntos que conforman los linderos de los predios, es decir, que las diferencias entre las posiciones redundantes (precisión) estén dentro de los niveles de tolerancia (conformidad con las especificaciones). Podemos decir que la **eficiencia** sería lograr dicha meta con los recursos mínimamente necesarios (se lograría así una productividad favorable). El levantamiento predial sería **eficaz** si se lograra que la exactitud absoluta de las posiciones de los límites de los predios estuviera dentro de los niveles de tolerancia especificados; la eficacia será total si se satisface dicha especificación en el 100% de los casos. Cuando se cumplen eficiencia y eficacia al mismo tiempo, se habla de **efectividad**.

Al plantear una metodología de aseguramiento de la calidad posicional de los límites de los predios, en este caso mediante la aplicación del principio de medición controlada, por medio de la redundancia de mediciones independientes, obtenidas en el mismo momento del levantamiento catastral, es normal que surja la discusión o preocupación sobre la afección de la aplicación del principio a las producciones que tradicionalmente se han ido obteniendo en los procesos de levantamiento predial masivo.

Debe tenerse en cuenta, primeramente, que un levantamiento predial cuya calidad posicional ha sido asegurada mediante el principio de medición controlada durante el proceso de toma de datos en campo, es un producto distinto al tradicionalmente generado en los barridos catastrales en muchos países; en este caso la meta no es la obtención de los límites de predios, sino que el

objetivo es que los límites de los predios obtenidos tengan asegurado el cumplimiento de las especificaciones requeridas.

Evidentemente, el esfuerzo que esto requiere es algo mayor a la hora de la toma de datos en campo y su posterior procesamiento, pero ¿cómo afectaría a la productividad? ¿Si la meta del levantamiento catastral es tener un inventario de la realidad con fines multipropósito, entre ellas la formalización de la tenencia de la tierra y del aseguramiento de los derechos respectivos, qué recursos serían necesarios para tener la certeza de que el levantamiento de un predio se corresponde con la realidad y es el límite exacto de los derechos de una persona interesada en esa tierra?

A continuación, se ofrece un breve análisis de las posibles ventajas e inconvenientes de la aplicación del principio de la medición controlada para el aseguramiento de la calidad, y la evaluación de dicha calidad mediante otro método (muestreo posterior).

<b>Calidad de las posiciones de los límites de los predios asegurada mediante el principio de medición controlada</b>	
Inconvenientes	Ventajas
Necesario un esfuerzo (tiempo / costos) algo mayor en el proceso de toma de datos en campo y su procesamiento (documentación adicional requerida)	Al compararlo con los tiempos / costos de un levantamiento predial sin la calidad necesaria exigida, es un esfuerzo mucho menor
Es requerido el desarrollo de capacidades y herramientas para la automatización de los procesos	Proceso sencillo, a llevar a cabo una sola vez
	Cumplimiento de los requisitos de calidad posicional – conformidad con las especificaciones exigidas
	Conformidad por parte de los poseedores / propietarios (exposición pública)
	Evaluación y validación de los datos sin necesidad de realizar nuevas mediciones
	Garantía para los posteriores procesos de mantenimiento / actualización catastral

**Calidad de las posiciones de los límites de los predios evaluada por otros medios (por ejemplo, muestreo posterior)**

Ventajas	Inconvenientes
Menor tiempo / costos para la evaluación (dependiendo del tamaño de la muestra y la zona)	Necesidad de volver a campo para realizar nuevas mediciones, lo cual implica costos: contratación de una empresa interventora o de personal para la entidad (disponibilidad personal y equipo)
	No se evalúa el 100 % de los predios, solamente una muestra, extrapolando el resultado al resto del levantamiento
	No se evidencian errores groseros no detectados; necesario un aseguramiento de la calidad del muestreo
	En caso de la no validación del levantamiento, debe volver a medirse todo el área levantada? Supondría un doble esfuerzo (tiempo/costos), mitad de productividad
	Requiere mayor esfuerzo en socialización, ya que es necesaria una segunda visita a los predios donde los interesados deben nuevamente estar dispuestos a proveer toda la información (difícil sobre todo en áreas rurales).
	En caso de validación del levantamiento, que ocurre si existe no conformidad por parte de los poseedores / propietarios en el proceso de exposición pública? Pleitos? Asunción de costos?
	Problemas en los procesos de mantenimiento catastral, consecuencias y costos (económicos, políticos, etc.), consecuencias de un catastro no

confiable a largo plazo? Sostenibilidad del catastro?

La productividad mide la eficiencia de producción por factor, pudiendo ser este factor el tiempo necesario para cumplir las metas especificadas, o bien el capital necesario para ello, entre otros. Si calculamos la productividad de un levantamiento predial dividiendo la producción obtenida entre el tiempo o el capital necesario para llegar a la meta, vemos que los costos en tiempo y/o económicos, resultado de un levantamiento del cual no está asegurada la calidad de todos los predios, reducirían la productividad de forma importante. Igualmente afectaría a la rentabilidad de un levantamiento predial, ya que, a la inversión realizada para un levantamiento predial, habría que añadirle otra inversión posterior por los inconvenientes generados por un catastro sin la calidad necesaria. Podría decirse pues, que un levantamiento del cual se ha asegurado la calidad posicional por el principio de la medición controlada sería más rentable.

Tras la breve experiencia práctica de la aplicación del principio de la medición controlada en el proyecto piloto de formalización de la propiedad rural de la ANT en el municipio de Ovejas, aun no siendo las producciones obtenidas muy significativas, se ha evidenciado que el esfuerzo extra necesario es asumible en zonas de centros poblados. Lastimosamente no se han obtenido datos suficientes para la estimación de dicho esfuerzo para levantamientos en área rural, que es, junto con las zonas donde no puede utilizarse la metodología RTK, donde realmente aumentan los tiempos necesarios para la medición controlada de los predios. Para más información ver el documento sobre las conclusiones de la experiencia en el piloto de Ovejas, presentada en el taller celebrado con la AI, ANT, DNP, IGAC y el operador, el día 15.02.2018 (Anexo 13)

## 5. Recomendaciones y Buenas Prácticas - Fase de Medición en Campo

### 5.1 GNSS

Recomendaciones para la detección de errores groseros:

- Documentación sobre el estacionamiento en el punto base de referencia (ver Anexos 5 y 9);
  - Medición de alturas del receptor de referencia al inicio/fin
  - Control sobre las coordenadas de la referencia introducidas

- Registro de fecha y hora de inicio / fin
- Comunicación y registro de incidencias
- Medición de la altura de receptor móvil de forma regular. Revisión del estado físico del bastón, sobre todo cuando se utiliza con alturas grandes (mayores de 3 m), para detectar errores sistemáticos como la no verticalidad del bastón, o problemas en el nivel esférico del bastón.
- Establecer puntos fijos repartidos por la zona para medir al menos un punto por día de trabajo (idealmente una medición antes del inicio de la jornada, y otro al final)
- Cuando se trabaja en modo RTK, realizar varias mediciones en el punto (normalmente el firmware calcula y registra la posición media, aplicando test estadísticos para la evaluación de posibles medidas a desechar, o bien lanza un mensaje de error). Verificar que las medidas de precisión / dispersión mostradas por el instrumento corresponden a un intervalo de confianza del 95 %.

## 5.2 Estación Total

Recomendaciones para la detección de errores groseros y sistemáticos:

- Comprobación de posibles desviaciones de los ejes del instrumento (falta de perpendicularidad) – eje vertical, eje de colimación, eje de muñones
- Comprobación de posibles desviaciones de la base nivelante y la plomada óptica
- Comprobación de estabilidad del trípode y el terreno
- Comprobación de los niveles tubulares y esféricos (bastón del prisma y base nivelante)
- Aplicación de la Regla de Bessel
- Documentación sobre el estacionamiento en el punto base (ver Anexos 6 y 7);
  - Medición de alturas de la ET al inicio/fin
  - Nombre del punto estación
  - Nombre del punto de referencia de orientación y su lectura de ángulo horizontal
  - Medición de alturas del prisma al inicio/fin
  - Tipo de prisma utilizado - verificación de la constante del prisma
  - Origen de la posición del punto de estacionamiento y de la referencia
- Si el punto de estacionamiento y de referencia se han establecido vía GNSS-RTK;

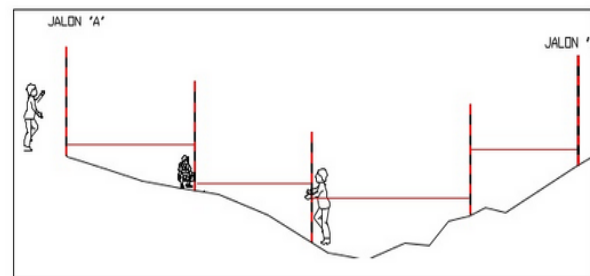


- determinar un punto auxiliar extra GNSS-RTK y tomar medidas de control a la misma (ángulos y distancia)
- medir, aparte del punto de interés, un punto que ya haya sido medido con GNSS-RTK (redundancia)

## 5.3 Medición de Distancias

### Cinta métrica

- Verificar estado físico de la cinta (omisiones, deformaciones, graduación)
- Evitar medir distancias largas; máximo de 20 metros en buenas condiciones – no debe haber catenaria, la cinta no debe estar deformada, y debe medirse la distancia reducida (a la misma altura)
- En caso de encadenamiento de mediciones con distancia, aplicar métodos de alineación
- Utilizar bastones o jalones para medición de distancias en terreno con pendiente



- Utilizar bastones o jalones graduados para medición de distancias en general (asegurar la medida de la distancia reducida)
- Regla 3-4-5 (triángulos rectos)

### Medidor láser (distanciómetros)

- Verificar que el instrumento esté bien calibrado (tanto en distancias como en ángulos)
- Utilizar un pequeño trípode o bastón y un reflector adecuado para garantizar la medición de la distancia reducidas
- Repetir las distancias para detección de errores (varias veces desde la misma posición, y/o desde la posición inversa)

## Estación total

- Puede estacionarse la ET en cualquier lugar y medir la distancia entre dos puntos – cálculo puede realizarse mediante el firmware de la ET. Es muy importante verificar el sistema de referencia en el que se está trabajando.

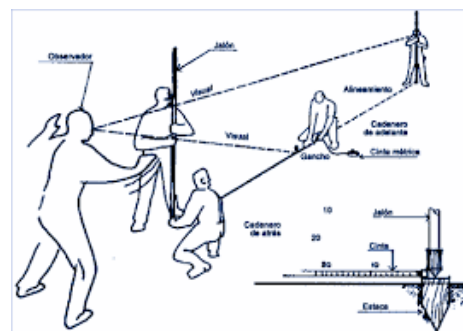
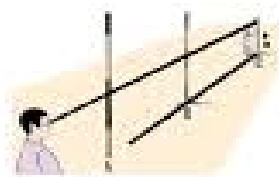
## 5.4 Alineaciones

Siempre que se realice alguna medición basada en una alineación o alineamiento de puntos, dicha alineación debe garantizarse, y no alinear elementos de forma solo aproximada.

El trazado de alineaciones rectas puede hacerse a simple vista con precisión, especialmente si los puntos extremos no se hallan muy distantes. Sin embargo, puede facilitarse la operación por medio de cualquier instrumento de anteojo (por ejemplo, una estación total) o una alidada.

A continuación, se describe una forma sencilla de determinar un alineamiento en campo:

1. Colocados un jalón o bastón en cada punto que define la distancia a medir, un observador o guía debe colocarse detrás de cualquiera de los bastones, para luego visualizar el primer y segundo bastón hasta que se vea uno solo; entonces los bastones estarán alineados.



- Pueden alinearse tanto bastones como se deseen, entre los dos puntos que definen la línea.
- Pueden alinearse puntos cada cierta distancia (menor a la longitud de la cinta métrica) con ayuda de un tercer bastón, y marcar dichos puntos con estacas, para luego medir las distancias parciales entre estacas, y así obtener la longitud total.
- Utilizar un instrumento que emita un haz láser para marcar la línea; el instrumento necesariamente debe garantizar la horizontalidad del haz de luz (por ejemplo, un nivel láser)
- Marcar en el terreno una línea recta por medio de una cuerda impregnada de polvo de color (tipo plomada trazadora con azulete.)

## 6. Anexos

6.1 Anexo 1 – Medición controlada de puntos: Casos de uso

6.2 Anexo 2 – Croquis de campo

6.3 Anexo 3 – Codificación de puntos

6.4 Anexo 4 – Codificación de instrumentos y metodologías

6.5 Anexo 5 – Observación de puntos GNSS

6.6 Anexo 6 – Observación de puntos Estación Total

6.7 Anexo 7 – Levantamiento de puntos Estación Total

6.8 Anexo 8 – Control de expedientes catastrales

6.9 Anexo 9 – Estacionamiento de la Referencia GNSS

6.10 Anexo 10 – Predios medidos por técnico

6.11 Anexo 11 – Codificación personal técnico

6.12 Anexo 12 – Presentación capacitación piloto Ovejas 30.01.2018

6.13 Anexo 13 – Presentación conclusiones piloto Ovejas 15.02.2018

6.14 Anexo 14 – Resumen aseguramiento de la calidad mediante el  
principio de la medición controlada

## Referencias

- *“Topografía General y Aplicada”* , F. Domínguez García-Tejero, Ed. Mundi-Prensa, 12º Edición, Madrid 1992
- *“Gestión de Calidad en el Ámbito Catastral”* , Dittmar Jenrich , AI, Agosto del 2016
- *“Definición de las Especificaciones de Control de Calidad para Levantamientos Prediales del Catastro Multipropósito de Colombia”* , Ronald Schmieder, AI, marzo 2016
- *“Conceptualización y Especificaciones para la operación del Catastro Multipropósito V.2.1”* , IGAC & SNR
- *“Vocabulario Internacional de Metrología, Conceptos fundamentales generales y términos asociados”* . 3ª edición en español, 2012 – Centro Español de Metrología, Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Gobierno de España.



## 7. Glosario

*Glosario según VIM – Vocabulario Internacional de Metrología, Conceptos fundamentales generales y términos asociados. 3ª edición en español, 2012 – Centro Español de Metrología, Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Gobierno de España.*

(1.1) **magnitud** - propiedad de un fenómeno, cuerpo o sustancia, que puede expresarse cuantitativamente mediante un número y una referencia

(1.9) **valor de una magnitud** - conjunto formado por un número y una referencia, que constituye la expresión cuantitativa de una magnitud

(2.1) **medición** - proceso que consiste en obtener experimentalmente uno o varios valores que pueden atribuirse razonablemente a una magnitud. Las mediciones no son de aplicación a las propiedades cualitativas. Una medición supone una comparación de magnitudes o el conteo de entidades. Una medición supone una descripción de la magnitud compatible con el uso previsto de un resultado de medida, un procedimiento de medida y un sistema de medida calibrado conforme a un procedimiento de medida especificado, incluyendo las condiciones de medida.

(2.3) **mensurando** - magnitud que se desea medir

(2.4) **principio de medida** - fenómeno que sirve como base de una medición

(2.5) **método de medida**- descripción genérica de la secuencia lógica de operaciones utilizadas en una medición

(2.6) **procedimiento de medida** - descripción detallada de una medición conforme a uno o más principios de medida y a un método de medida dado, basado en un modelo de medida y que incluye los cálculos necesarios para obtener un resultado de medida. Un procedimiento de medida se documenta habitualmente con suficiente detalle para que un operador pueda realizar una medición. Un procedimiento de medida puede incluir una incertidumbre de medida objetivo

(2.9) **resultado de medida** - conjunto de valores de una magnitud atribuidos a un mensurando, acompañados de cualquier otra información relevante disponible. El resultado de una medición se expresa generalmente como un valor medido único y una incertidumbre de medida. Si la incertidumbre de medida se considera despreciable para un determinado fin, el resultado de medida puede expresarse como un único valor medido de la magnitud. En muchos campos ésta es la forma habitual de expresar el resultado de medida.

(2.10) **valor medido de una magnitud** - valor de una magnitud que representa un resultado de medida. En una medición que incluya indicaciones repetidas, cada una de éstas puede utilizarse para obtener el correspondiente valor medido de la magnitud. Este conjunto de valores medidos

individuales de la magnitud puede utilizarse para calcular un valor resultante de la magnitud medida, mediante una media o una mediana, con una incertidumbre de medida asociada generalmente menor.

(2.13) **exactitud de medida** - proximidad entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando. El concepto “exactitud de medida” no es una magnitud y no se expresa numéricamente. Se dice que una medición es más exacta cuanto más pequeño es el error de medida. El término “exactitud de medida” no debe utilizarse en lugar de veracidad de medida, al igual que el término “precisión de medida” tampoco debe utilizarse en lugar de “exactitud de medida”, ya que esta última incluye ambos conceptos. La exactitud de medida se interpreta a veces como la proximidad entre los valores medidos atribuidos al mensurando.

(2.14) **veracidad de medida** - proximidad entre la media de un número infinito de valores medidos repetidos y un valor de referencia. La veracidad de medida no es una magnitud y no puede expresarse numéricamente, aunque la norma ISO 5725 especifica formas de expresar dicha proximidad. La veracidad de medida está inversamente relacionada con el error sistemático, pero no está relacionada con el error aleatorio. No debe utilizarse el término exactitud de medida en lugar de “veracidad de medida” y viceversa.

(2.15) **precisión de medida**- proximidad entre las indicaciones o los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas de un mismo objeto, o de objetos similares, bajo condiciones especificadas. Es habitual que la precisión de una medida se exprese numéricamente mediante medidas de dispersión tales como la desviación típica, la varianza o el coeficiente de variación bajo las condiciones especificadas. Las “condiciones especificadas” pueden ser condiciones de repetibilidad, condiciones de precisión intermedia, o condiciones de reproducibilidad. La precisión se utiliza para definir la repetibilidad de medida, la precisión intermedia y la reproducibilidad. Con frecuencia, “precisión de medida” se utiliza, erróneamente, en lugar de exactitud de medida.

(2.16) **error de medida** - diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia. El concepto de error de medida puede emplearse: a) cuando exista un único valor de referencia, como en el caso de realizar una calibración mediante un patrón cuyo valor medido tenga una incertidumbre de medida despreciable, o cuando se toma un valor convencional, en cuyo caso el error es conocido, y b) cuando el mensurando se supone representado por un valor verdadero único o por un conjunto de valores verdaderos, de amplitud despreciable, en cuyo caso el error es desconocido. Conviene no confundir el error de medida con un error en la producción o con un error humano.

(2.17) **error sistemático de medida** - componente del error de medida que, en mediciones repetidas, permanece constante o varía de manera predecible. El valor de referencia para un error

sistemático es un valor verdadero, un valor medido de un patrón cuya incertidumbre de medida es despreciable, o un valor convencional de una magnitud.

El error sistemático y sus causas pueden ser conocidas o no. Para compensar un error sistemático conocido puede aplicarse una corrección. El error sistemático es igual a la diferencia entre el error de medida y el error aleatorio.

(2.18) **sesgo de medida**- valor estimado de un error sistemático

(2.19) **error aleatorio de medida** - componente del error de medida que, en mediciones repetidas, varía de manera impredecible. El valor de referencia para un error aleatorio es la media que se obtendría de un número infinito de mediciones repetidas del mismo mensurando. Los errores aleatorios de un conjunto de mediciones repetidas forman una distribución que puede representarse por su esperanza matemática, generalmente nula, y por su varianza. El error aleatorio es igual a la diferencia entre el error de medida y el error sistemático.

(2.26) **incertidumbre de medida** - parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza. La incertidumbre de medida incluye componentes procedentes de efectos sistemáticos, tales como componentes asociadas a correcciones y a valores asignados a patrones, así como la incertidumbre debida a la definición. Algunas veces no se corrigen los efectos sistemáticos estimados y en su lugar se tratan como componentes de incertidumbre. El parámetro puede ser, por ejemplo, una desviación típica, en cuyo caso se denomina incertidumbre típica de medida (o un múltiplo de ella), o la semiamplitud de un intervalo con una probabilidad de cobertura determinada. En general, la incertidumbre de medida incluye numerosas componentes. Algunas pueden calcularse mediante una evaluación tipo A de la incertidumbre de medida, a partir de la distribución estadística de los valores que proceden de las series de mediciones y pueden caracterizarse por desviaciones típicas. Las otras componentes, que pueden calcularse mediante una evaluación tipo B de la incertidumbre de medida, pueden caracterizarse también por desviaciones típicas, evaluadas a partir de funciones de densidad de probabilidad basadas en la experiencia u otra información. En general, para una información dada, se sobreentiende que la incertidumbre de medida está asociada a un valor determinado atribuido al mensurando. Por tanto, una modificación de este valor supone una modificación de la incertidumbre asociada.

(2.27) **incertidumbre debida a la definición** - componente de la incertidumbre de medida resultante de la falta de detalles en la definición del mensurando. La incertidumbre debida a la definición es la incertidumbre mínima que puede obtenerse en la práctica para toda medición de un mensurando dado. Cualquier modificación de los detalles descriptivos del mensurando conduce a otra incertidumbre debida a la definición. En la Guía ISO/IEC 98-3:2008, D 3.4 y en la IEC 60359, el concepto de incertidumbre debida a la definición se denomina "incertidumbre intrínseca" .

(2.41) **trazabilidad metrológica**- propiedad de un resultado de medida por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida. La trazabilidad metrológica requiere una jerarquía de calibración establecida. La trazabilidad metrológica de un resultado de medida no garantiza por sí misma la adecuación de la incertidumbre de medida a un fin dado, o la ausencia de errores humanos.

(2.42) **cadena de trazabilidad metrológica** - sucesión de patrones y calibraciones que relacionan un resultado de medida con una referencia. Una cadena de trazabilidad metrológica se define mediante una jerarquía de calibración. La cadena de trazabilidad metrológica se emplea para establecer la trazabilidad metrológica de un resultado de medida.

