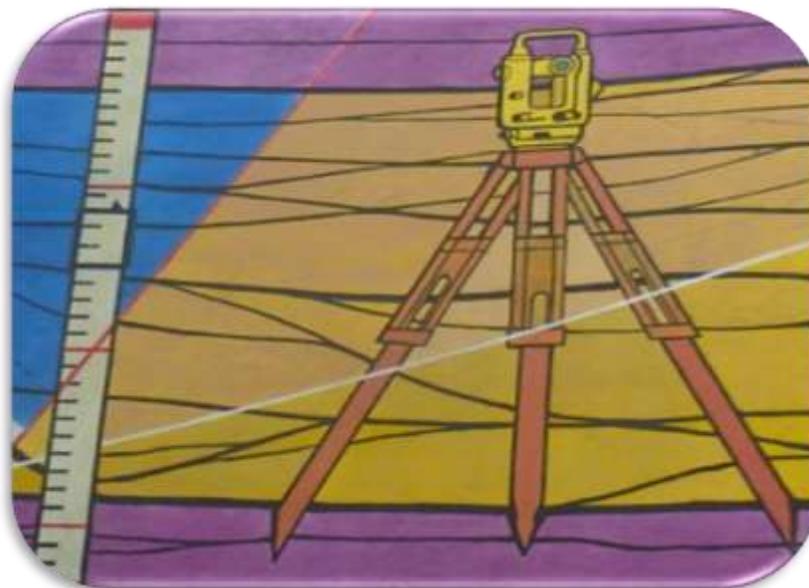


**GUÍA TÉCNICA PARA GEORREFERENCIAR  
PLANOS DE AGRIMENSURA**



**Adelina Arce Bogantes, Ricardo Monge Garro.  
San José, Costa Rica, Febrero, 2013.**

## **Presentación**

Tengo el agrado de presentar esta guía técnica para georreferenciar levantamientos de agrimensura, que pretende plasmar en papel las ideas primordiales para realizar la tarea tan importante del ordenamiento de nuestro territorio, de la manera más exacta que se pueda, utilizando los medios de los cuales ahora disponemos y en el futuro aún más exacta, de forma tal, que cada inmueble quede materialmente descrito donde verdaderamente le corresponde.

El Decreto Ejecutivo N° 34331-J, que es el Reglamento a la Ley de Catastro Nacional, el Decreto Ejecutivo 33797-MJ-MOPT, de Oficialización de la Red Nacional de Coordenadas, el Decreto Ejecutivo N° 36830-JP, de declaratoria de la primera zona catastrada en nuestro país, junto con la Directriz RIM-001-2012, del Registro Inmobiliario, de “Definición de la georreferenciación y de las tolerancias permitidas que deben cumplir los levantamientos de agrimensura dentro del Territorio Nacional”, entre otras normativas que se podrían citar, especifican claramente la obligación de enlazar los levantamientos de agrimensura a la Red Nacional de Coordenadas, las metodologías para georreferenciar los mismos, las exactitudes a considerar, así como las facilidades para presentar los planos derivados de dichos levantamientos.

Anteriormente se han localizado los planos de agrimensura de manera generalizada sobre la cartografía oficial, esta guía propone una gran mejora en la forma de referenciar los planos de agrimensura, instando al agrimensor a la utilización de nuevas tecnologías y medios de apoyo para sus levantamientos, como son el uso de la cartografía y ortofoto digital, la Red Oficial Nacional de Coordenadas y la de Estaciones Permanentes de Operación Continua del Registro Nacional, junto a los procedimientos sugeridos en esta guía, para realizar un levantamiento georreferenciado.

Esperamos que perciban este documento, como un primer intento del Registro Inmobiliario de coadyuvar en materia de georreferenciación, y sabiendo que cuentan con la voluntad nuestra manifiesta de mejorarlo en forma continua.

M.Sc. Oscar Rodríguez Sánchez  
Director Registro Inmobiliario

## Recomendaciones

Es importante señalar condiciones de conformidad que se deben cumplir a la hora de georreferenciar los planos de agrimensura de aplicación catastral. Dos de ellas que consideramos muy importantes, son que el profesional autorizado para el ejercicio de la agrimensura pueda presentar el derrotero del plano de agrimensura en las coordenadas del Sistema de la Red Nacional CR05/CRTM05 (excepto en aquellas regiones del territorio Nacional, donde no exista ortofoto o cartografía digital 1:1000 o 1:5000), y que además, con estas mismas coordenadas, se tiene que poder calcular el derrotero original, únicamente corregido en orientación, por la diferencia entre el acimut de cuadrícula y el acimut del derrotero original, para la línea elegida por el agrimensor, en forma arbitraria pero estratégica. Es decir el derrotero de los vértices de los planos de agrimensura debe facilitarse en el Sistema Nacional de Coordenadas, pero además éste debe representar correctamente la posibilidad de materializar dichos vértices tal y como existen en el terreno (medidas de los linderos y ángulos internos con sus valores estadísticos más probables). Es importante acotar, que al momento que se escribe esta guía, solamente en las zonas declaradas catastradas por Decreto Ejecutivo, es obligatorio el uso en los planos de agrimensura de las coordenadas nacionales (ver circular RIM-012-2012, la cual se describe más adelante).

Los ejemplos prácticos mostrados en esta guía técnica, para georreferenciar planos de agrimensura, aunque corresponden a casos de inmuebles con áreas moderadas, se pueden generalizar a situaciones donde se trabaja con áreas muy grandes, por ejemplo 200 o 500 hectáreas. En este caso se debe tomar en cuenta que los ángulos y distancias del levantamiento de agrimensura, se tienen que reducir al elipsoide WGS84 de la Red Oficial de Coordenadas y a la proyección Transversal de Mercator CRTM05, antes de realizar los cálculos respectivos.

Los datos de la Red de Estaciones de Referencia de Operación Continua GNSS del Registro Nacional, se accesan sin costo, para trabajar en las modalidades de medición estático relativo, estático rápido y en cinemático en post proceso. Para el futuro próximo, se espera contar con la capacidad de operar en la manera de posproceso en línea, vía internet, o directamente en línea (recibiendo la corrección diferencial vía modem del celular 3G o más actual y mediante protocolos de Internet, para el usuario que cuente con un georreceptor habilitado para dicha recepción). El Registro Nacional determinará oportunamente, la forma en que los profesionales tendrán acceso a esta información.

Ing. Marlon Aguilar Chaves  
Subdirector Catastral del Registro Inmobiliario

## INDICE DE CONTENIDOS

1. Antecedentes.....	7
2. Introducción.....	10
3. Red Oficial Nacional de Coordenadas.....	11
4. Red de estaciones de referencia de operación continua GNSS del Registro Nacional.....	15
5. Insumos Cartográficos Existentes.....	19
• Ortofoto	
• Mapa Catastral	
6. Tolerancias permitidas en la georreferenciación.....	23
a) Exactitud relativa y exactitud absoluta	
b) Exactitud posicional relativa	
c) Exactitud posicional absoluta	
d) Datum convencional	
e) Datum satelital	
f) Necesidad de un modelo del Geoide para Costa Rica.	
7. Metodologías aplicables para la georreferenciación de los planos de agrimensura.....	28
a) Utilizando ortofoto	
b) Utilizando mapa catastral	
c) Enlaces a la red oficial por métodos topográficos o convencionales;	
d) Enlaces a la red de estaciones de referencia de operación continua GNSS del Registro Nacional.	
e) Por montaje de planos catastrados en la ortofoto para el estudio de antecedentes catastrales registrales;	
8. Bibliografía.....	46

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Enlace Internacional de la Red Oficial CR05.....	12
Figura 2. Red de Primer Orden.....	13
Figura 3 Red de Segundo Orden.....	14
Figura 4. Cobertura de la red de estaciones GPS de medición permanente.....	15
Figura 5. Red de estaciones de referencia de operación continua del Registro Nacional, a lo largo y ancho del país.....	17
Figura 6. Estación permanente RIDC en el Registro Nacional.....	17
Figura 7. Ortofoto faltante y su cobertura tanto en escala 1:1000 como 1:5000.....	20
Figura 8. Ortofoto a escala 1:1000 y su restitución.....	22
Figura 9. Representación de la Red Geodésica Nacional.....	25
Figura 10. Representación del Datum general geocéntrico, del Datum local y la superficie de la tierra.....	26
Figura 11. Ilustración de la plataforma del Mapa Catastral.....	29
Figura 12. Ejemplo de un plano de agrimensura georreferenciado por medio de la ortofoto.....	30
Figura 13. Amarre a partir de ortofoto con levantamiento de campo.....	31
Figura 14 Puntos idénticos, no visible entre sí.....	32
Figura 15 Montaje del plano de agrimensura digitalizado sobre la ortofoto y listado de coordenadas CR05/CRTM05 leídas .....	34
Figura 16. Mapa Catastral y consulta predial.....	36
Figura 17. Plano de agrimensura digitalizado, montado sobre el mapa y listado de coordenadas CR05/CRTM05 leídas y ajustadas.....	37
Figura 18. Montaje de planos Plano A, Plano B y Plano C.....	39
Figura 19. Ejemplo de enlace de la Red Nacional por métodos Topográficos.....	40
Figura 20. Enlace a un punto de la Red Oficial de Coordenadas para materializar una base GNSS para continuar con un levantamiento de agrimensura convencional.....	41
Figura 21. Croquis de ubicación del punto P1 con relación a las estaciones GNSS del Registro Nacional.....	42
Figura 22. Croquis de ubicación del vértice Bella con relación a las estaciones GNSS del Registro Nacional .....	44
Figura 23. Croquis de ubicación del vértice P1 con relación a las estaciones más cercanas GNSS del Registro Nacional.....	45

## INDICE DE TABLA

Tabla 1.Coordenadas de cuadrículas ajustadas para el P1 en el Registro Nacional , utilizando efemérides transmitidas y 1.96 .....	43
Tabla 2.Coordenadas de cuadrículas ajustadas para el vértice Bella, utilizando efemérides transmitidas y 1.96 .....	44

# 1. Antecedentes

1. En el Anexo A, Sección II, Ítem 2.02., de la Ley N° 8154 del 27 de noviembre del 2001, publicada en el Diario Oficial La Gaceta N° 237 del 10 de diciembre de 2001, Convenio de Préstamo N° 1284/OC-CR "Programa de Regularización de Catastro y Registro", suscrito entre el Banco Interamericano de Desarrollo y el Gobierno de la República de Costa Rica, se señala en el Componente 1 de "Formación del catastro nacional de la propiedad inmueble y su compatibilización con el registro", que tiene como objeto la formación del catastro de la totalidad de los predios existentes en el país, debidamente geo-referenciados, y la compatibilización de esta información con el registro de la propiedad inmueble,..;
2. De conformidad al artículo 11, del Decreto Ejecutivo 33797-MJ-MOPT, de Oficialización de la Red Geodésica Nacional de Referencia Horizontal CR05 y de la Proyección Transversal de Mercator para Costa Rica CRTM05, del 30 de marzo del 2007, publicado en el Diario Oficial La Gaceta N° 108 del 06 de junio del 2007, se establece que dicha red y proyección, constituirán el único sistema oficial de coordenadas para la República de Costa Rica, a partir del cual se deben referenciar todos los levantamientos y actividades cartográficas y geodésicas que desarrollen en el territorio nacional toda dependencia pública, persona o entidad privada nacional o extranjera que emprendan o contraten trabajos geodésicos y cartográficos, contribuyéndose de esta forma a evitar el gasto público y obteniendo por otra parte información geográfica confiable, uniforme y comparable que sea de utilidad general y que apoye la toma de decisiones en los distintos niveles del Estado;
3. El Decreto Ejecutivo N° 34331-J, que es el Reglamento a la Ley de Catastro Nacional, del 29 de noviembre del 2007, publicado en el Diario Oficial La Gaceta N° 41 de 27 de febrero del 2008, en su artículo 26, dispone que el levantamiento del plano de un inmueble, se efectuará por medio de los métodos de agrimensura adecuados a las necesidades del mismo y que la precisión de los instrumentos geodésicos o topográficos utilizados en el levantamiento, estará acorde con la exactitud relativa exigida para levantamientos urbanos o rurales y la exactitud absoluta se conformará a la disposición de insumos que facilite el Catastro Nacional y/o el Instituto Geográfico Nacional, para el enlace del levantamiento por parte del agrimensor.

La exactitud requerida para los levantamientos de agrimensura de aplicación catastral, en cuanto a exactitud relativa de las coordenadas de los vértices de los inmuebles enlazados al Sistema Nacional Coordenadas, utilizando metodología de levantamiento topográfico convencional o geodésica, y al arbitrio del agrimensor, deberá ser en la zona urbana (Casco antiguo de la Ciudad, áreas de densidad urbana media, residencial, oficinas, áreas industriales y periféricas de baja densidad, destinadas al mapeo catastral 1:1.000), de +/- 3 cm de error medio cuadrático  $\sigma$ , y en la zona rural, de +/- 10 cm de error medio cuadrático  $\sigma$ . La exactitud requerida, para los levantamientos de agrimensura de aplicación catastral, en cuanto a exactitud absoluta de las coordenadas de los puntos de apoyo que servirán para enlazarlos al Sistema Nacional Coordenadas, obtenidas mediante el uso de coordenadas de puntos objeto plenamente identificables en la cartografía o la ortofoto digital disponible, deberá ser en la zona urbana (Casco antiguo de la Ciudad, áreas de densidad urbana media, residencial, oficinas, áreas industriales y periféricas de baja densidad, destinadas al mapeo catastral 1:1.000), de +/- 20 cm de error medio cuadrático ( $\sigma$ ) y en la zona rural, destinadas al mapeo catastral 1:5.000, de +/- 1 m de error medio cuadrático ( $\sigma$ ); donde  $\sigma$  = error medio cuadrático en las coordenadas de los puntos de apoyo.

La exactitud requerida para los levantamientos de agrimensura de aplicación catastral, en cuanto a exactitud absoluta de las coordenadas de los puntos de apoyo que servirán para enlazarlos al Sistema Nacional Coordenadas, obtenidas mediante el uso de métodos topográficos y geodésicos convencionales, deberá ser en la zona urbana (Casco antiguo de la Ciudad, áreas de densidad urbana media, residencial, oficinas, áreas industriales y periféricas de baja densidad, destinadas al mapeo catastral 1:1.000), de +/- 5 cm de error medio cuadrático ( $\sigma$ ), y en la zona rural, destinadas al mapeo catastral 1:5.000, de +/- 10 cm de error medio cuadrático ( $\sigma$ ); donde  $\sigma$  = error medio cuadrático en las coordenadas de los puntos de apoyo;

Así mismo, el artículo 94, dispone que todo plano que se presente al Catastro para su inscripción debe estar debidamente georreferenciado;

4. Por medio del Aviso N° 01-2011, del Instituto Geográfico Nacional y el Registro Inmobiliario, sobre oficialización de la cartografía básica, publicado en el Diario Oficial La Gaceta N° 146 de 29 de julio 2011, se hace saber que se dan por oficiales los productos cartográficos básicos entregados por el Programa de Regularización del Catastro y Registro, (que consisten de dos series de hojas o cartas en escalas 1:5000 y 1:1000, y que de cada una de

esas series se dispone en formato digital de restitución vectorial, ortofotografía, modelos del terreno y archivo de impresión), y que éstos serán utilizados en el proceso de formación del catastro y que los profesionales en agrimensura deberán utilizar esta cartografía para la georreferenciación de los levantamientos realizados con el objetivo de inscribir planos ante el Registro Inmobiliario, en concordancia con los artículos 18, 24 y 94 del Reglamento a la Ley de Catastro que es Decreto Ejecutivo N° 34331- J...;

5. En el Decreto Ejecutivo N° 36830-JP, publicado en La Gaceta N° 208 del 31 de octubre del 2011, se declara Zona Catastrada el distrito 10 Isla del Coco, cantón 1 Puntarenas de la provincia 6 Puntarenas y los distritos 1 Santa Bárbara, 2 San Pedro, 3 San Juan, 4 Jesús y 6 Purabá del cantón 4 Santa Bárbara de la provincia 4 Heredia y, mediante el referido Decreto las funciones de Georreferenciación Catastral, operan en todo el territorio nacional, donde exista ortofoto digital a escala 1: 5.000 y 1: 1.000, fijándose las tolerancias para los diferentes casos y métodos de levantamientos de agrimensura de aplicación catastral;
6. La Directriz RIM-001-2012, del Registro Inmobiliario, de fecha 17 de febrero del 2012, publicada en el Diario oficial La Gaceta N° 96, del 18 de mayo del 2012, la cual rige un mes después de su publicación, de “Definición de la georreferenciación y de las tolerancias permitidas que deben cumplir los levantamientos de agrimensura dentro del Territorio Nacional”, especifica claramente las exactitudes relativas y absolutas a considerar de acuerdo al tipo de levantamiento de agrimensura a realizar en el país y al sitio donde se vayan a ejecutar los trabajos que cuente con ortofoto digital a escala 1:1.000 o 1:5.000 y las diferentes formas en que se pueden realizar dichos levantamientos y las normas y facilidades para entregar los planos derivados.
7. No obstante, la circular RIM-012-2012, de la Subdirección Catastral, de fecha 28 de junio del 2012, indica en su considerando Décimo, “que si bien la Directriz contempló la georreferenciación a nivel de todo el territorio nacional, la misma se ejecutará obligadamente como primera fase en las zonas declaradas como catastradas. Lo anterior, hasta tanto no se cuente con toda la información de la cartografía catastral del Registro Nacional, en el medio adecuado de consulta en todo el país para los profesionales en agrimensura”.

## 2. INTRODUCCIÓN

De lo mencionado anteriormente, se infiere que los profesionales en topografía, cuentan con la posibilidad de georreferenciar los planos de agrimensura producto de sus levantamientos, al sistema de referencia CR05 y a su proyección cartográfica CRTM05, esto con el fin de ubicarlos en el Territorio Nacional de la mejor manera posible que se tenga a disposición, coadyuvando a subsanar posibles conflictos sobre la afectación de los predios con relación a la información catastral y registral y al mantenimiento del mapa catastral del país.

Esto viene a generar una gran mejora en la forma de referenciar los planos de agrimensura e inclusive de cualquier plano de proyecto de ingeniería de construcción civil, y con el exponencial avance de la tecnología y ciencia en el que vivimos actualmente, se incorporan a nuestro quehacer, nuevas tecnologías e insumos derivados de las mismas, como por ejemplo, las posibilidades de utilización, no sólo de fotografía aérea para la creación de modelos digitales de elevación, ortofotos y cartografía digital, sino también de diferentes tipos de imágenes satelitales (imágenes pancromáticas, monocromáticas, multiespectrales y radar), para la elaboración de dichos productos; el procesamiento digital de la información contenida en las imágenes mencionadas, con programas como ERDAS y ArcGis. Igualmente se debe contemplar, la utilización de escáneres laser y del LiDAR aéreo, para levantar zonas sumamente pobladas, muy valiosas y áreas costeras, junto a los procesos de densificación al cuarto orden y hasta el quinto orden, de la Red Oficial Nacional de Coordenadas.

Una necesidad que se debe abordar y solucionar ya, es la adecuación y actualización del marco geodésico de referencia oficial de Costa Rica, afectado desde su constitución en la época o año y fracción 2005.83, por la Tectónica de Placas Coco y Caribe y más recientemente por el fuerte sismo del 5 de setiembre del año 2012, resultado de la falla de cabalgamiento en la zona subducción entre las placas referidas, así como el enlace de dicho marco al sistema Geocéntrico para las Américas SIRGAS y del fortalecimiento del Centro de Procesamiento Experimental SIRGAS, ya en funcionamiento, de la Escuela de Topografía Catastro y Geodesia de la Universidad Nacional Autónoma de Costa Rica.

Al contar en este momento, con seis distritos del país (uno de ellos Parque Nacional) con mapa catastral oficial (Decreto Ejecutivo N° 36830-JP), se requiere que los agrimensores que se dedican a la inscripción de planos ante el Catastro Nacional, utilicen en esta zona

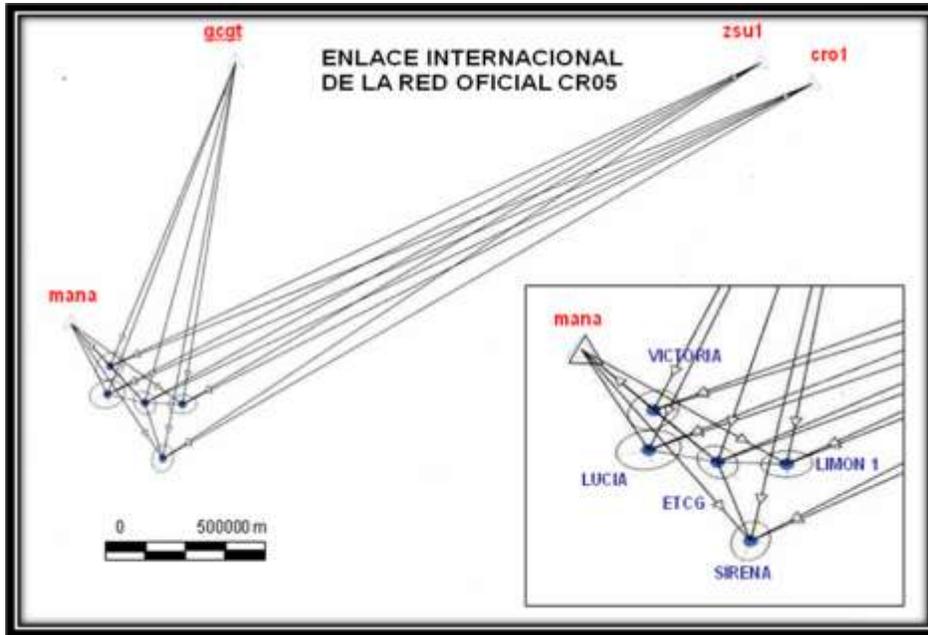
catastrada el plano georreferenciado. Ya que uno de los objetivos primordiales para el Catastro Nacional, es compatibilizar la información catastral y registral. Además la circular RIM-012-2012, permite en forma optativa actualmente, la georreferenciación en todo el territorio nacional donde exista ortofoto digital a escala 1:5.000 o a escala 1:1.000. Es claro, que donde no exista tal referencia los levantamientos se realizarán tomando en cuenta la exactitud relativa únicamente.

Recordemos que la georreferenciación se refiere a la descripción de cualquier objeto sobre la superficie terrestre, mediante sus vértices, ubicados en un sistema nacional de coordenadas enlazado a la Red Mundial, como lo es nuestra Red Geodésica Nacional de Referencia Horizontal CR05 y su Proyección Transversal de Mercator para Costa Rica CRTM05.

### 3. RED OFICIAL NACIONAL DE COORDENADAS

El Decreto Ejecutivo 33797-MJ-MOPT, de Oficialización de la Red Geodésica Nacional de Referencia Horizontal CR05 y de la Proyección Transversal de Mercator para Costa Rica CRTM05, del 30 de marzo del 2007, publicado en el Diario Oficial La Gaceta N° 108 del 06 de junio del 2007, se establece que dicha red y proyección cartográfica, constituirán el único sistema oficial de coordenadas para la República de Costa Rica, a partir del cual se deben referenciar todos los levantamientos y actividades cartográficas y geodésicas que desarrollen en el Territorio Nacional toda dependencia pública, persona o entidad privada nacional o extranjera que emprendan o contraten trabajos geodésicos y cartográficos, contribuyéndose de esta forma a evitar el gasto público y obteniendo por otra parte información geográfica confiable, uniforme y comparable que sea de utilidad general y que apoye la toma de decisiones en los distintos niveles del Estado;

Se declara como datum horizontal oficial para Costa Rica, el CR05, enlazado al Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF2000) del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS) para la época de medición 2005,83, asociado al elipsoide del Sistema Geodésico Mundial(WGS84).



**Figura 1. Enlace Internacional de la Red Oficial CR05.**

Este datum está materializado a través de la denominada Red Geodésica Nacional de Referencia Horizontal CRO5 de Primer Orden y su densificación al Segundo Orden, consistente en un conjunto vértices geodésicos situados sobre el terreno, dentro del ámbito del territorio nacional, establecidos físicamente mediante monumentos permanentes, sobre los cuales se han hecho medidas directas mediante el Sistema de Posicionamiento Global, estableciendo su interconexión y la determinación de su posición, y permitirá referenciar todos los levantamientos y actividades cartográficas y geodésicas que se efectúen en el Territorio Nacional.

De la misma forma se establece como proyección oficial para la representación cartográfica, la Proyección Transversal de Mercator para Costa Rica con el acrónimo CRTM05, con el meridiano central de 84° Oeste, paralelo central 0°, coordenada norte de origen 0 metros, coordenada este del origen 500000 metros, proyectada con un factor de escala de 0,9999 válida para todo el país.

El sistema CR05 está consta de una red de 33 estaciones de primer orden (34 si se considera el punto ETCG), distribuidas en todo el territorio nacional, ver figura 2.

La consultoría para el prediseño, preanálisis, planeamiento, dirección de las mediciones y ajustes en general, fue contratada por la Unidad Ejecutora del Programa de Regularización



El ajuste amarrado de la red de densificación al segundo orden, es conforme con el datum CR05, a través de los vértices de la red de primer orden a la cual se enlazó, resultando las coordenadas ajustadas con errores ( $\sigma$ ) menores a  $\pm 3,0$  cm.

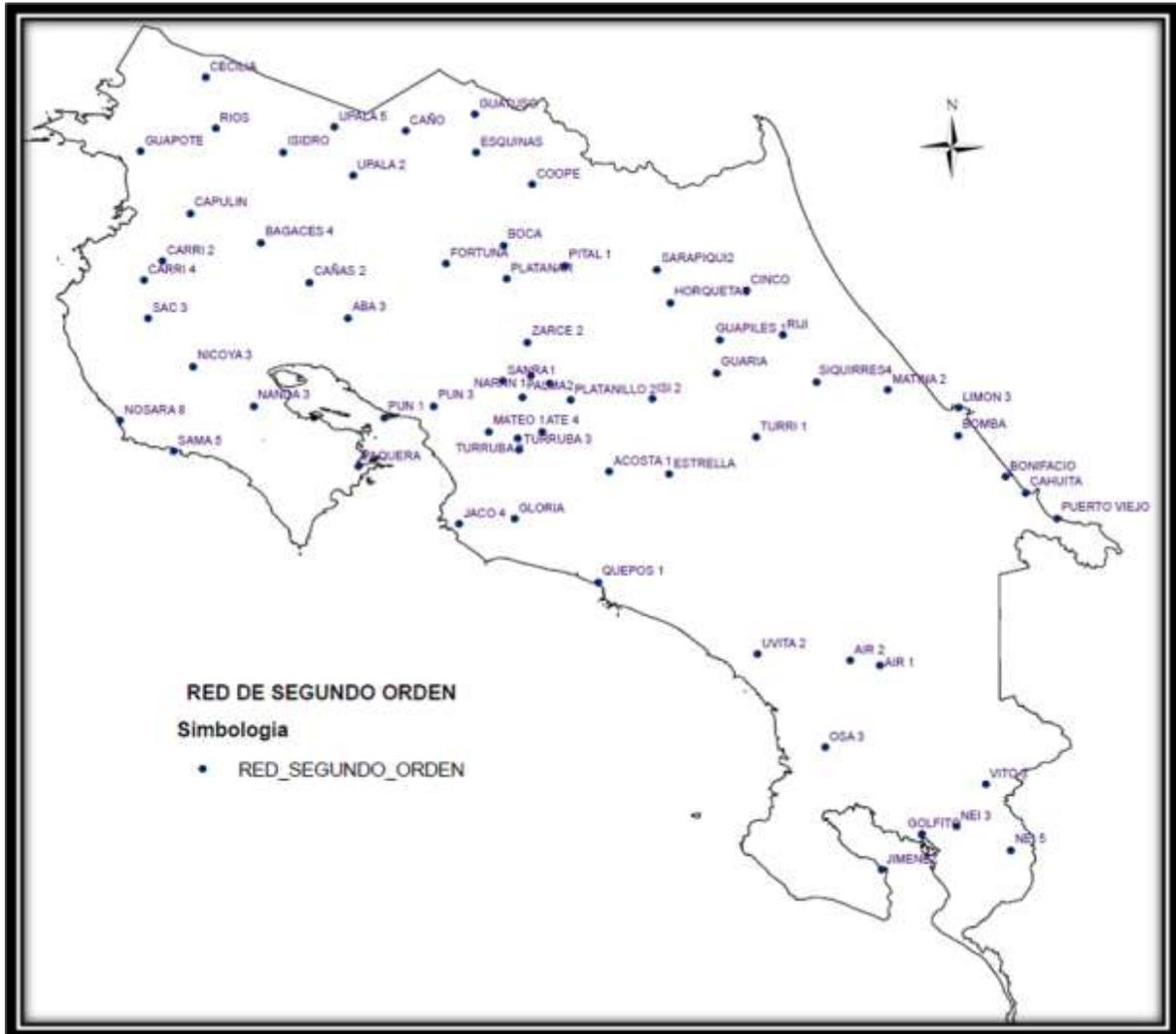


Figura 3. Red de Segundo Orden.

La mayoría de la información sobre la Red Oficial Nacional de Coordenadas y otra de interés, se puede consultar en la página de Unidad Ejecutora del Programa de Regularización del Catastro y Registro, mediante el siguiente link <http://www.uecatastro.org>

En el caso de ser requeridas coordenadas, descripciones y croquis de puntos de la Red CR05/CRTM05, se deben solicitar directamente al Instituto Geográfico Nacional, que es la Autoridad Nacional competente en esta materia.

#### 4. Red de estaciones de referencia de operación continua GNSS del Registro Nacional.

Los datos de la Red de estaciones de referencia de operación continua del Registro Nacional, de seguimiento y adquisición de datos de la constelación de satélites del Sistema de Navegación Global por Satélites GNSS, se encuentran a disposición de los profesionales en agrimensura, mediante inscripción previa en la página Web asociada a dicha red, mediante la siguientes direcciones: <http://201.195.230.145> o bien <http://rim-data-gnss.rnp.go.cr>.

Se puede observar la distribución de dichas estaciones cubriendo el país, en las figura 4 y 5. En la Figura 6 se observa una fotografía de la estación permanente RIDC ubicada en el Registro Nacional.

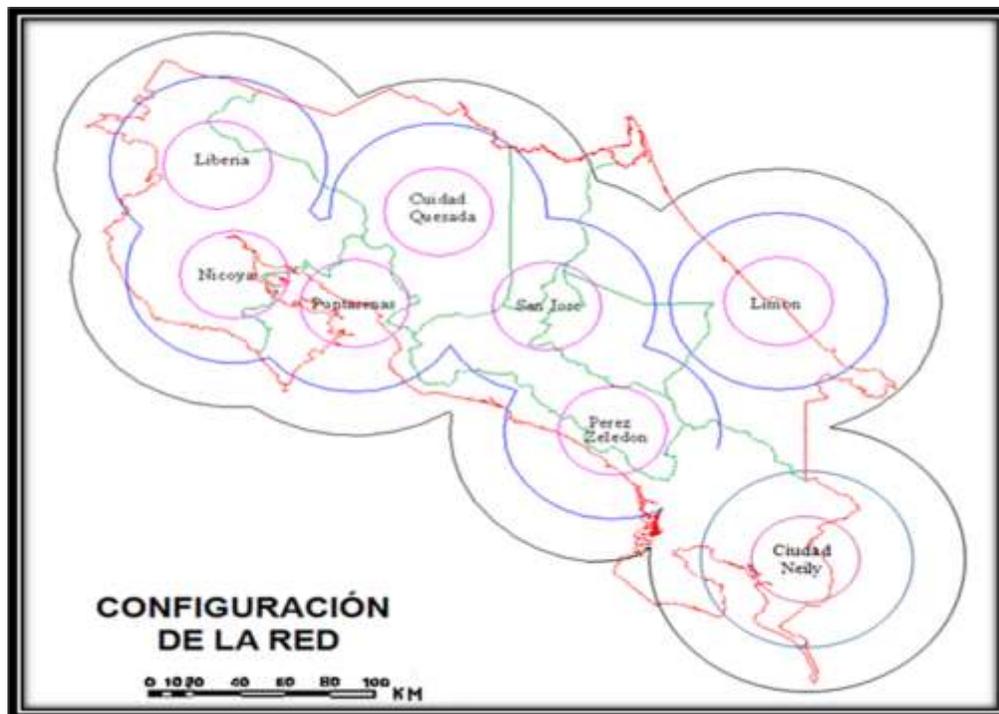


Figura 4. Cobertura de la red de estaciones GPS de medición permanente.

Cada sitio GNSS provee mediciones de la fracción y conteos parciales de la longitud de onda de la señal portadora de los satélites del Sistema de Satelital de Navegación Global (en nuestro caso GPS + Glonass) para determinaciones exactas de posición y del código para la determinación pseudodistancias a través de la medición del tiempo entre la emisión y la llegada de la misma – comparación de códigos satélites/receptores - y del conocimiento del valor de la velocidad de la luz, así como efemérides transmitidas u órbitas instantáneas de cada satélite rastreado, modelo de ionosférico y troposférico, aunque en el caso de receptores de doble frecuencia no son necesarios dichos modelos.

Permite actividades de determinaciones de posicionamiento tridimensional, Norte, Este y altura ortométrica (ésta última no muy exacta porque se deriva a través de la utilización de modelos del geoide globales), latitud, longitud y altura geodésica, a través del territorio nacional, junto con sus errores medios cuadráticos o elipses de error, a través de los conocidos programas de post-proceso de observaciones GNSS que ofrecen los vendedores de los georreceptores junto con los mismos.

Se puede obtener la información citada, para trabajar en las modalidades de medición y posicionamiento estático relativo, estático rápido y en cinemático en post-proceso, habilitando exactitudes de posicionamiento de unos pocos centímetros, relativas a la Red Geodésica Oficial de Costa Rica.

Para el futuro se espera contar con la capacidad de operar en la manera de Red de Estaciones Virtuales de Referencia, (recibir corrección diferencial vía modem del celular 3G o más actual y mediante protocolos de Internet), para que el usuario pueda opera en la modalidad de medición cinemático en tiempo real RTK.

Agrimensores, Geomensores, profesionales de Sistemas de Información Geográfica y otros interesados, pueden aplicar la información obtenida de las estaciones GNSS, para darle posición a puntos, en los cuales los datos específicos GNSS han sido recolectados por uno o varios receptores geodésicos o topográficos.

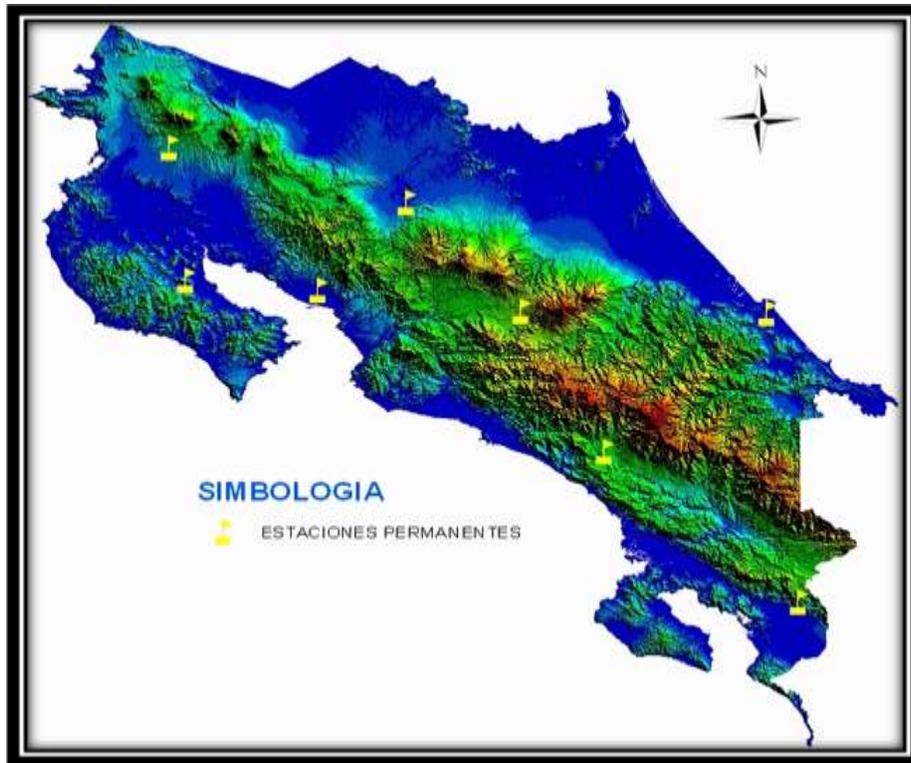


Figura 5. Red de estaciones de referencia de operación continua del Registro Nacional, a lo largo y ancho del país.



Figura 6. Estación permanente RIDC en el Registro Nacional.

Seguidamente se aprecian las tres coordenadas elipsóidicas y CR05/CRTM05, de los centros radioeléctricos de las antenas de las estaciones de medición continuas del Registro Nacional, que se dan con un error medio cuadrático ( $\sigma$ ) de  $\pm 3$  cm.

COORDENADAS ELIPSOÍDICAS WGS84 Y CRTM05 DE LAS ESTACIONES PERMANENTES DATUM 2005,83											
PUNTO	LATITUD				LONGITUD				ALTURA	CRTM05	
	g	'	"	g,....	g	'	"	g,....	h	NORTE	ESTE
LIBE	10	37	50,20987	10,63061385	85	26	16,37943	85,43788317	163,9011	1175853,6607	342665,0906
CIQU	10	19	20,77798	10,32243833	84	25	52,46293	84,43123970	679,8277	1141437,0606	452770,8126
NICY	10	8	32,86027	10,14246119	85	27	16,38657	85,45455182	151,6147	1121856,4236	340593,5878
PUNT	9	58	47,56022	9,97987784	84	49	55,68925	84,83213590	23,7656	1103633,6267	408765,6304
RIDC	9	55	10,85808	9,91968280	84	2	56,66401	84,04907334	1212,2480	1096861,8482	494618,8521
LIMN	9	59	35,12521	9,99309033	83	1	34,93035	83,02636954	25,1491	1105137,4569	606744,6642
SAGE	9	22	23,28819	9,37313561	83	42	15,32484	83,70425690	723,3024	1036430,0417	532482,1913
NEIL	8	38	39,66248	8,64435069	82	56	39,81211	82,94439225	66,7189	955980,5979	616178,3311

No obstante lo anterior, se debe toma en cuenta el siguiente aviso del Registro Inmobiliario, que se refiere al uso actual de las estaciones permanentes de operación continua del Registro Nacional, que aparece en la página [www.rnpdigital.com](http://www.rnpdigital.com)

De conformidad al oficio N° RIM-CT-730-2012, de fecha 28 de noviembre del 2012, suscrito por el Ing. Marlon Aguilar Chaves, Subdirector Catastral del Registro Inmobiliario, dirigido a la Dirección Ejecutiva del Colegio de Ingenieros Topógrafos, se notifica a sus profesionales miembros, sobre la incertidumbre que existe, en el uso de los datos, en cuanto a coordenadas se refiere, de las antenas de las Estaciones de Referencia de Operación Continua GNSS del Registro Nacional, afectadas desde su constitución en la época 2010.13, por la Tectónica de Placas Coco y Caribe y más recientemente por el fuerte sismo del 5 de setiembre del año 2012, resultado de la falla de cabalgamiento en la zona subducción entre las placas referidas, detectada en mayor grado, para las de Nicoya, Liberia, Puntarenas y Ciudad Quesada, cuyas coordenadas podrían servir solamente para usos catastrales rústicos de georreferenciación, y las otras cuatro restantes para usos catastrales rústicos y urbanos de georreferenciación. Las tolerancias que se deberán utilizar obedecen a la Directriz RIM-001-2012, de fecha 17 de abril del 2012.

Es de hacer notar, que para la solución integral del problema, el Registro Inmobiliario, tramita la Contratación para la toma de imágenes y la producción de ortoimágenes y cartografía digital en sectores destinados al mapeo a escala 1:1.000 en áreas urbanas y peri urbanas y 1:5.000 de todo el Territorio Nacional, que requiere el Registro Nacional para

la complementación y actualización del Catastro de Costa Rica, así como la generalización de la base cartográfica 1:5.000 para derivar el mapa topográfico a escala 1:25.000 del Instituto Geográfico Nacional, en la cual se contempla específicamente la Adecuación y actualización del marco geodésico de referencia oficial de Costa Rica.

## 5. INSUMOS CARTOGRÁFICOS EXISTENTES

Conforme a la producción de cartografía y ortofotografía en el marco del Programa de Regulación del Catastro y Registro en Costa Rica, entregada al Registro Nacional, se cuenta con lo siguiente:

### **Cartografía y ortofotografía digital a escalas 1:1.000 y 1:5.000.**

#### **Productos cartografía escala 1:1000:**

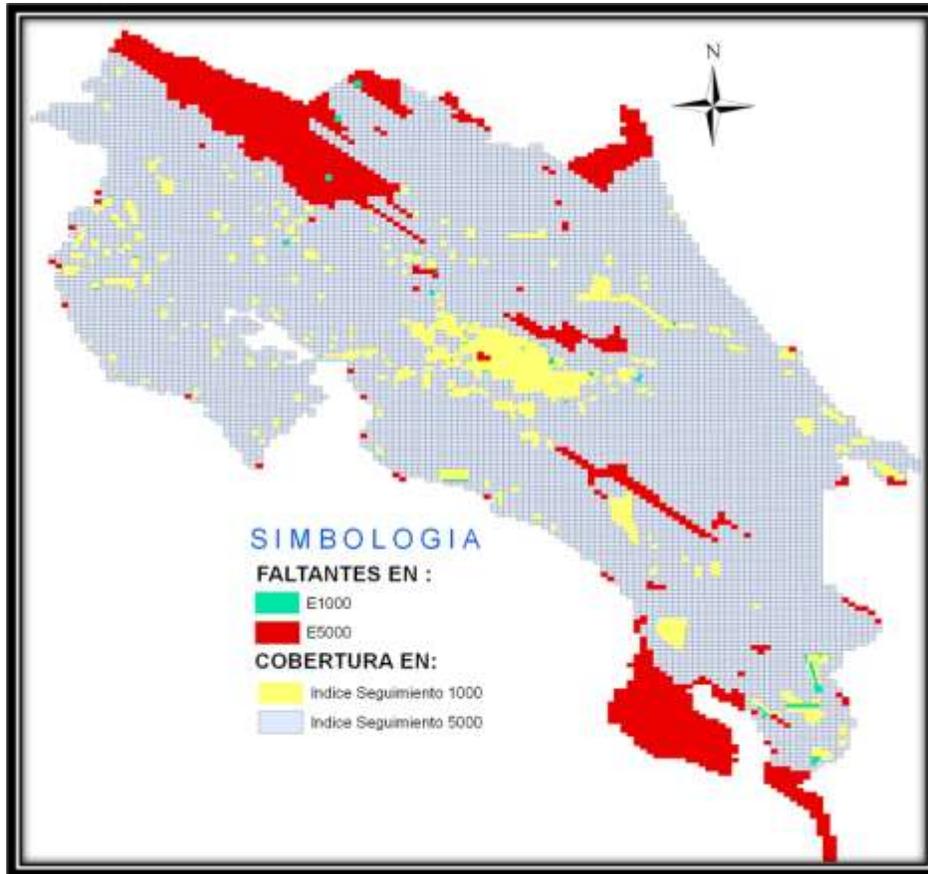
Contempló centros urbanos 3.523 km<sup>2</sup>  
Curvas de nivel cada 2 m  
Modelo digital de terreno  
Ortofotografía 10 cm pixel  
Escala de las fotografías 1/6000  
Precisiones planimetría 0.20 metros  
y altimétrica 1.0 metros

#### **Productos cartografía escala 1:5000:**

Contempló 44.701 km<sup>2</sup> del Territorio Nacional  
Curvas de nivel cada 10 m  
Modelo digital de terreno  
Ortofotografía 50 cm pixel  
Escala de las fotografías 1/25000  
Precisiones planimetría 0.50 metros  
y altimétrica 5.0 metros

Sin embargo por razones de tipo meteorológico, no se pudo cubrir con fotografía aérea algunas zonas del país, lo cual se proyecta solucionar durante el próximo año. Hay que indicar que en estos sitios donde falta la información, se trabajará convencionalmente, de la forma en que se ha venido realizando, hasta que se cuente con la misma y se encuentre disponible para su uso.

En la figura siguiente se muestra la zona cubierta por ortofoto digital a escala 1:5.000, 1:1.000 (color gris y amarillo), el faltante (color rojo) a escala 1:5.000 y el faltante (color magenta) a escala 1:1.000.



**Figura 7. Ortofoto faltante y su cobertura tanto en Escala 1:1.000 como 1:5.000.**

El país cuenta con una cobertura de ortofoto y cartografía digital georreferenciada (en coordenadas nacionales) a escala 1:1000 para levantar catastralmente a esta escala los centros de los cantones del país, y a escala 1:5000 en lugares destinados para levantar catastralmente a esta escala el resto del Territorio Nacional. A partir de dicha cobertura, por ejemplo, se pueden leer coordenadas en el Sistema Oficial CR05/CRTM05 de puntos plenamente identificables en la ortofoto y en el terreno, las cuales se utilizan para la georreferenciación de los planos de agrimensura, o ya sea montando el levantamiento de agrimensura en la ortofoto georreferenciada. La consulta gratuita de estos datos, se realiza desde tiempo atrás, en la oficina de consulta del Colegio de Ingenieros Topógrafos, ubicada en el segundo piso del módulo uno del Registro Nacional.

También, como otra opción en el sentido señalado anteriormente, podemos obtener el producto cartográfico digital original a escala 1:1.000, o a escala 1:5.000, en el Registro Nacional. Ver Figura N° 8.

### **Pasos para el trámite correspondiente:**

- 1- Se debe obtener y presentar el formulario correspondiente de solicitud de compra, debidamente lleno, en la Dirección del Registro Inmobiliario.
- 2- La solicitud se traslada a la Unidad de Fotogrametría del Área Catastral Técnico.
- 3- Dos días después a la presentación, emitirá un visto bueno, en caso de contarse con el producto solicitado, indicándose el monto a cancelar por el servicio. Si se suministró dirección de correo, se comunicará por este medio.
- 4- El costo del producto se depositará en la cuenta corriente 85472-7 del BCR a nombre de la Junta Administrativa. Se debe indicar que corresponde a la compra de ortofotos y cartografía.
- 5- Realizado el pago, el comprobante se presenta en la secretaría de la Dirección del Registro Inmobiliario. Dos días después se puede pasar a retirar el producto.

### **Tipos de Productos**

Se ofrecen dos tipos de productos fotogramétricos digitales:

A escala 1:1.000 y a escala 1:5.000.

### **Metodología de Venta**

- a- En la escala 1:1.000 se comercializarán zonas no menores a 50 m\*50 m (2500 metros cuadrados) y múltiplos de ésta.
- b- En la escala 1:5000 zonas no menores a 100 m\*100 m (1 ha) y múltiplos de esta.
- c- El proceso se llevará a cabo en 4 días máximo, pero también, el tiempo invertido será directamente proporcional a las dimensiones de lo solicitado.

El área de interés se entrega en un CD con formatos .dwg (acrónimo de Drawing), para la restitución y .tiff (Tagged Image File Format por sus sigla en el idioma inglés), ambas en el sistema oficial de coordenadas de Costa Rica CR05/CRTM05.



**Figura 8. Ortofoto a escala 1:1000 y su restitución.**

Actualmente se trabaja en el proceso del trámite de la contratación para la toma de imágenes y la producción de ortoimágenes y cartografía digital en sectores destinados al mapeo a escala 1:1.000 en áreas urbanas y peri urbanas y 1:5.000 de todo el Territorio Nacional, que requiere el Registro Nacional para la complementación y actualización del Catastro de Costa Rica, así como la generalización de la base cartográfica 1:5.000 para derivar el mapa topográfico a escala 1:25.000 del Instituto Geográfico Nacional.

Para el desarrollo y elaboración de los productos cartográficos de esta contratación, se incluye por supuesto la adecuación y actualización del marco geodésico de referencia oficial de Costa Rica, que toma en consideración la determinación del desplazamiento tectónico en Costa Rica, mediante el uso de tecnologías espaciales geodésicas y su impacto en el sistema geodésico de referencia oficial CR05, así como el análisis del estado del marco oficial de referencia, empleando la Red de estaciones de referencia de operación continua GNSS del Registro Nacional, y los vértices de primer orden que fueron usados para darle posición a los centros radioeléctricos de las antenas de dichas estaciones y los respectivos enlaces a estaciones de primerísimo orden internacionales.

La adecuación y actualización del marco geodésico de referencia oficial de Costa Rica, involucra la Red Nacional de Primer Orden, que consta en total de treinta y cuatro vértices, a la que se le agregaron las ocho estaciones de referencia de operación continua del Registro Nacional, para un gran total en el primer orden de cuarenta y dos vértices, distribuidos estratégicamente a lo largo y ancho de Costa Rica. Esta Red será continuamente adecuada y actualizada conforme a lo anteriormente mencionado de manera general.

## 6. Tolerancias permitidas en la georreferenciación.

### a) Exactitud relativa y exactitud absoluta

La exactitud de una medición es el grado de afinidad que se obtiene al compararla con un patrón previamente establecido y aceptado como tal por el grupo asociado de expertos competentes.

Este grado de afinidad se refiere a la diferencia no significativa generalmente determinada por métodos estadísticos, que resulta de contrastar la medida realizada y la del patrón.

### b) Exactitud posicional relativa.

Es la que obtenemos de manera local, al realizar por ejemplo un levantamiento de agrimensura con los métodos e instrumentos topográficos correspondientes, adecuados a las necesidades de precisión y exactitud del mismo.

En el caso de red geodésica de densificación, medida con la mejor precisión y exactitud posible, nos referimos no solamente a la exactitud relativa que se obtiene entre los vértices de dicha red, sino también de exactitud interna de toda la red en su conjunto. En ambos caso ambas exactitudes serán muy buenas.

### c) Exactitud posicional absoluta.

Es la que obtenemos al amarrar por ejemplo un levantamiento de agrimensura a una Red Oficial de Coordenadas de un país.

Si esta Red Oficial de Coordenadas se le enlaza de manera adecuada a la Red Mundial de Coordenadas, se logra una alta exactitud tanto absoluta, como externa de la misma, al relacionarla con el contexto geodésico de ese tipo que la rodea.

En todos los casos la exactitud obtenida estará acorde con la calidad y precisión de los instrumentos geodésicos o topográficos y métodos utilizados en el levantamiento.

Hablamos de tolerancia cuando por ejemplo elevamos el valor del error medio cuadrático especificado como aceptable, de un  $\sigma$  ( $\approx 67$  % de probabilidad) a dos  $\sigma$  ( $\approx 95$  % de probabilidad).

En términos geodésicos debemos referirnos a las elipses de confianza al 95% de probabilidad, que calculamos a partir de la matriz de la varianza covarianza, obtenida en el ajuste por mínimos cuadrados de una red en particular.

#### **d) Datum convencional:**

Es realizado por vínculo entre elementos astronómicos (coordenadas astronómicas), matemáticos (elipsoide de referencia) y terrestres (triangulación, trilateración, triangulateración, etc), sin uso de satélites artificiales, como el que fue oficial para Costa Rica, hasta julio del 2007, determinado por medio de una base fundamental, definida materialmente en Ocotepeque en Honduras, por medio de mediciones astronómicas y geodésicas, y asociada al elipsoide de Clarke de 1866.

En el punto fundamental se presentan dos realidades que se deben armonizar y vincular, la física y la matemática, que difieren en principio en tres aspectos a contemplar:

Se conocen los parámetros “a” (semieje mayor ecuatorial del elipsoide) y “b” (semieje menor polar del elipsoide)

Se asumen iguales las coordenadas astronómicas ( $\Phi$ ,  $\Lambda$  y  $H$ ) y las geodésicas ( $\varphi$ ,  $\lambda$  y  $h$ ).

Entonces, como:

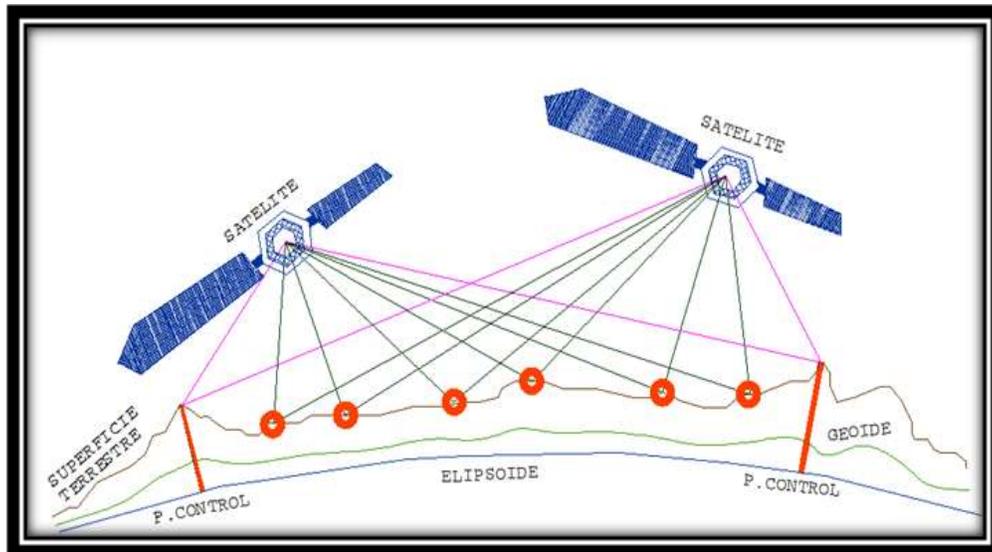
$$\Phi = \varphi, \Lambda = \lambda, H = h, A_c = \alpha, \xi = \Phi - \varphi = 0, \eta = (\Lambda - \lambda) \cos \varphi = 0, N = 0$$

Lo que implica tres traslaciones y ejes paralelos, además de tres traslaciones.

#### **e) Datum satelital:**

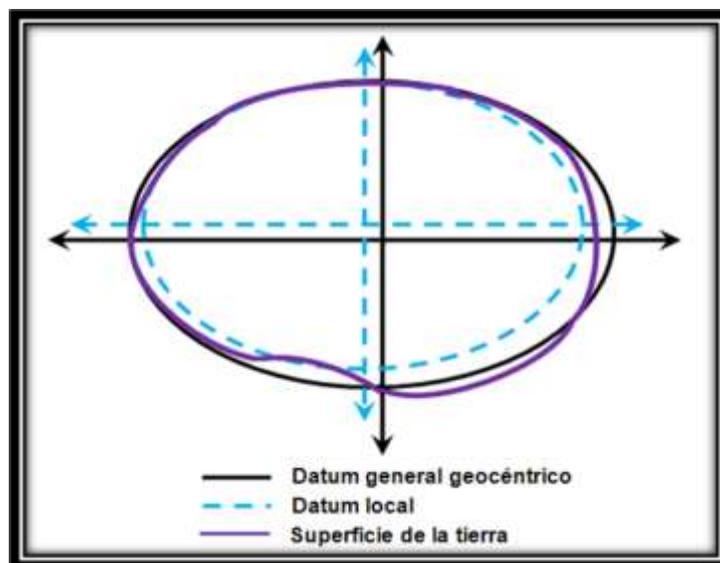
- vinculado al sistema WGS84
- congruente en sí mismo, sin tensiones
- de alta exactitud interna y de excelente ubicación relativa de los vértices

- de baja exactitud externa y de pobre ubicación absoluta (esto cambia cuando se le enlaza a la Red Mundial)



**Figura 9. Representación de la Red Geodésica Nacional**

El nuevo datum CR05, datum horizontal oficial para Costa Rica, está enlazado al Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF2000) del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS) para la época de medición 2005.83, asociado al elipsoide del Sistema Geodésico Mundial (WGS84), el cual está materializado a través de la denominada Red Geodésica Nacional de Referencia Horizontal de Primer Orden y su densificación al Segundo Orden, consistente en un conjunto vértices geodésicos situados sobre el terreno, dentro del ámbito del territorio nacional, establecidos físicamente mediante monumentos permanentes, sobre los cuales se han hecho medidas directas mediante el Sistema de posicionamiento Global, estableciendo su interconexión.



**Figura 10. Representación del Datum general geocéntrico, del Datum local y la superficie de la tierra.**

#### **f) Necesidad de un modelo del Geoide para Costa Rica.**

Cuando se usa tecnología del Sistema de Posicionamiento Global GPS, en nuestras latitudes (aproximadamente  $10^{\circ}$  N), para medir redes geodésicas o topográficas, a pesar de que no existe problema para calcular la latitud  $\varphi$ , ni la longitud  $\lambda$ , para cualquier punto, o sus coordenadas planas en cualquier sistema de proyección cartográfica, sin embargo, la tercera coordenada o altura elipsoidal “h”, no es aprovechable porque no la podemos convertir exactamente a elevación ortométrica, porque los modelos disponibles, sólo sirven para extrapolar la ondulación del geoide, por ser modelos regionales (por ejemplo para Norte América), donde se midieron gran cantidad de datos geodésicos y gravimétricos, para determinar el modelo geoidal de dicha región.

El sistema de nivelación para Costa Rica se basa en la red de nivelación establecida por el Instituto Geográfico Nacional (I.G.N.), que contó con la colaboración del Servicio Geodésico Interamericano (I.A.G.S.). 1

El dato de referencia es el nivel medio del mar, obtenido en los mareógrafos de Puntarenas y Limón, establecidos desde los años 30 por la Institución Carnegie. El mantenimiento de estos mareógrafos fue asumido posteriormente por el I.A.G.S., al comenzar el trabajo cooperativo con el I.G.N. (1.946). 1

Cada 18.6 años se repite el período luni-solar, en que las posiciones del sol y la luna y por consiguiente las mareas se repiten. 1

El I.G.N., realizó una red de nivelación que, además de relacionar ambos mareógrafos, formó redes de circunvalación que cubrieron el país y se enlazaron con los mareógrafos de San Juan del Sur y puerto Armuelles en el Pacífico y Bluefields y almirante del Atlántico. 1

Es conocido que la actividad sísmica a la que está expuesto nuestro país, afectó en forma significativa las posiciones de puntos colocados sobre el terreno, y así las elevaciones de los bancos de nivel, en el tiempo transcurrido desde que se estableció la red de nivelación hasta la actualidad, (considerar por ejemplo el caso del terremoto del 22 de abril de 1991, de intensidad 7.4 en la escala de Richter, 35 segundos de duración, epicentro cerca del Río Telire, en el Cerro Jacrón, profundidad de 10 Km, ocasionado por la interacción de las placas Caribe, Cocos, Nazca y una nueva llamada Panamá).

Para establecer el Geoide se utiliza el nivel medio del mar, el que muestra desviaciones desde +/- 1 m hasta +/- 2 m, desde la superficie de nivel. En el caso de que se deseen exactitudes de +/- 0.1 m, deben utilizarse las posibilidades de la geodesia de satélites en la determinación de alturas de puntos en la superficie terrestre y oceánica, por altimetría por satélites.

<sup>1</sup>Ing. Martín Chaverri Roig, "Nuestro Sistema de Nivelación", 01 de febrero de 1993, Costa Rica.

### **g) El Geoide de Suiza**

En 1998, un Geoide para Suiza, fue definido con una exactitud centimétrica y entre los usuarios se ha extendido su utilización. Este modelo, está integrado en la mayoría de los equipos GPS y programas GPS que se venden en ese país. La precisión es del orden de 3 cm en las áreas llanas y de 5 cm en las montañas.

### **Tolerancias permitidas en los levantamientos de agrimensura**

- Tolerancias relativas empleando métodos topográficos convencionales.

Las tolerancias permitidas serán del 95% de probabilidad =  $2\sigma$ , para los levantamientos de agrimensura de aplicación catastral, en cuanto a exactitud relativa de las coordenadas de los vértices de los inmuebles, utilizando metodología de levantamiento topográfico convencional o geodésico, y al arbitrio del agrimensor, deberá ser en áreas de mapeo catastral 1:1.000, de +/- 6 cm de tolerancia =  $2\sigma$ , y en áreas de mapeo catastral 1:5.000, de +/- 20 cm de tolerancia =  $2\sigma$  (donde  $\sigma$  es el error medio cuadrático o desviación estándar

que cita el artículo 26 del Reglamento del Decreto Ejecutivo N° 34331 – J, que es el Reglamento a la Ley del Catastro Nacional).

- Tolerancias absolutas utilizando la ortofoto o el mapa catastral;

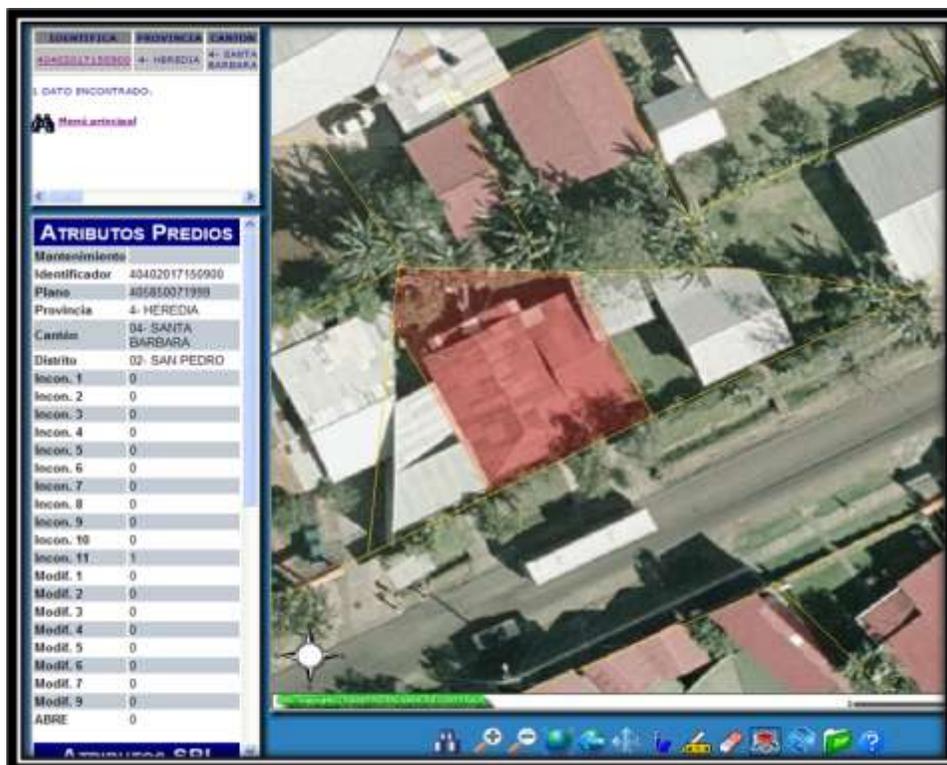
Las tolerancias al 95% de probabilidad para los levantamientos de agrimensura de aplicación catastral, en cuanto a exactitud absoluta de las coordenadas de los puntos de apoyo que servirán para enlazarlos a la Red Oficial de Coordenadas del Decreto Ejecutivo N° 33797-MJ-MOPT, obtenidas mediante el uso de coordenadas de puntos objeto plenamente identificables en la cartografía o la ortofoto digital disponible, deberá ser en áreas de mapeo catastral 1:1.000, de +/- 40 cm de tolerancia =  $2*\sigma$  y en áreas de mapeo catastral 1:5.000, de +/- 2 m de tolerancia =  $2*\sigma$ .

- Tolerancias absolutas empleando métodos topográficos convencionales

Las tolerancias al 95% de probabilidad para los levantamientos de agrimensura de aplicación catastral, en cuanto a exactitud absoluta de las coordenadas de los puntos de apoyo que servirán para enlazarlos a la Red Oficial de Coordenadas del Decreto Ejecutivo N° 33797-MJ-MOPT, obtenidas mediante el uso de métodos topográficos y geodésicos convencionales, deberá ser en áreas de mapeo catastral 1:1.000, de +/- 10 cm de tolerancia =  $2*\sigma$ , y en áreas de mapeo catastral 1:5.000, de +/- 20 cm de tolerancia =  $2*\sigma$ .

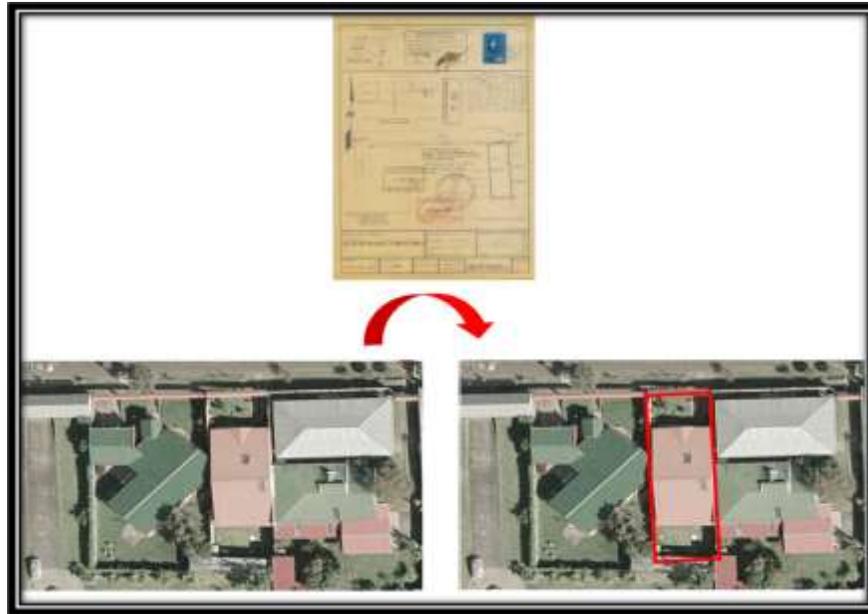
## 7. Metodologías aplicables para la georreferenciación de los planos de agrimensura.

De conformidad con el artículo 3, de la Ley N° 6545 denominada Ley de Catastro Nacional, los mapas catastrales que mostrarán la ubicación, identificación y linderos de las parcelas, junto con los registros catastrales respectivos, constituyen los documentos fundamentales de la Subdirección Catastral del Registro Inmobiliario. En general, el Mapa Catastral del país, una vez concluido y oficializado, describe los asientos inmobiliarios, por medio de los datos gráficos y alfanuméricos de los predios correspondientes, los cuales constan en las bases de datos del Registro Inmobiliario, que requiere para su mantenimiento y actualización de los planos catastrados georreferenciados, producto del ejercicio liberal de la agrimensura, y de la realización de actividades especializadas, como son el levantamiento catastral, la compatibilización de la información catastral y registral, la validación, verificación y saneamiento de los asientos catastrales y registrales. Ver Figura 11.



**Figura 11. Ilustración de la plataforma del Mapa Catastral.**

Una ortofoto u ortoimagen es una imagen planimétricamente correcta, donde sus rasgos están en sus verdaderas posiciones ortográficas. Es un producto compuesto por imágenes tomadas con dispositivos especiales sobre el terreno y Modelos de Elevación Digital (MEDs). Las imágenes y los MEDs, son procesadas para producir ortoimágenes que tienen el relieve y el desplazamiento de la perspectiva removido. De esta manera, posee las mismas propiedades que un plano normal y se puede utilizar directamente para crear mapas. Cualquier medición hecha desde la ortoimagen sería planimétricamente correcta dentro del rango de exactitud del mismo. Puede ser colocada debajo de datos vectoriales, como capas de Sistemas de Información Geográfica SIG, para apoyar la visualización y mejorar la estética. Ver Figura 12.



**Figura 12. Ejemplo de un plano de agrimensura georreferenciado por medio de la ortoimagen.**

Actualmente el agrimensor debe de tomar conciencia de la necesidad arriba apuntada, para que al realizar sus levantamientos los vinculen al nuevo sistema de referencia CR05/CRTM05, utilizando las metodologías adecuadas.

#### A. UTILIZANDO ORTOFOTO

##### 1. Coordenadas leídas de la ortofoto;

1.1. En términos generales, utilizando una de las computadoras de la oficina de consulta del Colegio de Ingenieros Topógrafos, se accesa al servicio de imágenes de ortofotos, y por medio de las coordenadas del sitio de interés en el sistema de referencia oficial CR05/CRTM05 (que se deben traer previamente, o con las coordenadas viejas proyección Lambert, Elipsoide de Clarke de 1866, Datum de Ocoatepeque, usar la rutina de transformación en Excel "D1484 LAH7TM Transformación de Lambert a CRTM CR05 basada en Helmert - 7 parámetros" para obtener las deseadas), se realiza una búsqueda de la ortofoto correspondiente. Seguidamente se localizan en dicha ortofoto, cerca del sitio donde se pretende realizar el levantamiento de agrimensura, con el cursor, puntos que se puedan identificar luego en el terreno, y se leen las coordenadas de cada uno de ellos. Debe obtenerse al menos una copia de pantalla en papel, para marcar los puntos elegidos, o dibujar un croquis, de manera que se puedan identificar luego en el campo. Posteriormente se podrá hacer estación en uno de ellos y el otro se usará como referencia

para la orientación acimutal, para de esta manera obtener el levantamiento vinculado al sistema oficial.

Se puede ver en la figura 13 un ejemplo, donde los puntos 1 y 2 (en verde) son accesibles y visibles entre sí y pueden servir para dar origen a un levantamiento topográfico del inmueble destacado en rojo, al hacer estación en punto 1 y amarrarse a punto 2 o en orden inverso. Se recomienda que los puntos de base para el levantamiento estén alejados al menos 100 m uno del otro.



**Figura 13. Amarre a partir de ortofoto con levantamiento de campo.**

1.2. Sí los vértices escogidos, por alguna razón no se puedan ver entre sí, basta con pasar la poligonal sobre ellos, luego del cálculo respectivo de coordenadas locales, se procede con una transformación de Helmert de dos puntos, y se sigue el proceso similar al descrito en 2. Montaje del plano de agrimensura en la ortofoto.

En la figura 14 se observa un ejemplo, en el cual los vértices punto 1 y 2 son identificables en la foto y en terreno, pero no se pueden ver entre sí.



**Figura 14. Puntos idénticos, no visible entre sí.**

## 2. Montaje del plano de agrimensura en la ortofoto;

2.1. Se realiza el levantamiento de agrimensura en forma local en el campo (de la manera acostumbrada) y calculándose y dibujándose posteriormente el plano de agrimensura que se pretende presentar en el Registro Inmobiliario, para su calificación y registración catastral, el cual se monta en forma digital en la ortofoto que corresponde. De esta manera queda el plano automáticamente georreferenciado y se pueden leer las coordenadas CR05/CRTM05 directamente sobre los vértices del plano de agrimensura. En este caso, se obtienen dos listados de parejas de coordenadas para los vértices del polígono (uno en el sistema local que se utilizó en el levantamiento de campo y otro en el CR05/CRTM05 leído sobre los vértices del plano de agrimensura montado en la ortofoto), por lo que se debe realizar una transformación de Helmert en dos dimensiones de las coordenadas locales a las nacionales oficiales, con el fin de obtener los errores medios cuadráticos para cualquier punto transformado ( $\sigma_0 = m_0$ ), para un punto en particular ( $\sigma_p = m_p$ ), con lo cual se puede apreciar la calidad de lecturas de coordenadas y de la transformación de coordenadas realizada (ver figura N° 15).

### Digitalización del derrotero

Para su aceptación deberá valorarse el error de cierre lineal del polígono y la diferencia entre el área calculada y la indicada en el plano. Esta valoración considerará que la precisión del cálculo de los lados es de  $\pm 0,01$  m.

LINEA	AZIMUT	DIST.
1-2	83° 34'	35 53
2-3	352° 07'	23 27
3-4	265° 29'	34 60
4-1	174° 26'	24 43

Datos típicos de un derrotero

La tolerancia para el error de cierre lineal se establecerá por la expresión

$$Tl = \pm 0,03m. * \sqrt{nl}$$

Donde:

Tl : Tolerancia para el error de cierre lineal;

nl : Número de lados del polígono.

De esta manera el siguiente derrotero del plano de agrimensura que utilizaremos en el ejemplo que sigue, cierra con + 0,07 m, para una tolerancia de  $\pm 0,06$  m.

DERROTERO PLANO				
LINEA	AZIMUT		DISTANCIA	
	°	'	m	cm
1-2	226	57	27	18
2-3	316	59	59	47
3-4	47	06	26	83
4-1	136	39	59	40



**Figura 15. Plano de agrimensura digitalizado, montado sobre la ortofoto y listado de coordenadas CR05/CRTM05 leídas y ajustadas**

Se debe advertir que el montaje mostrado en la figura 15, se realizó utilizando la ortofoto original, que en este momento sólo es accesible para dicho efecto, mediante compra (ver página 20 sobre su adquisición).

También se utilizó el programa ArcMap de ESRI para la digitalización del plano (que aparece en color rojo), su montaje en la ortofoto original y la lectura de coordenadas CR05/CRTM05 sobre los vértices del plano digitalizado, mediante el uso del comando SNAP.

Se puede observar que los resultados de la transformación de Helmert en dos dimensiones, arrojan un error medio cuadrático de punto ( $mp = \sigma_p$ ) de  $\pm 9$  cm.

El paso que sigue es fijar por ejemplo las coordenadas del punto 1 (N = 1109496,11 m y E = 481947,53 m) de la transformación de Helmert y calcular el acimut del punto 1 al punto 2 (Ac1-2 = 225° 57').

DERROTERO PLANO			Coordenadas Locales			Coordenadas CR05/CRTM05			Coordenadas Helmert			Acimut de 1-2 HELMERT	
LINEA	AZIMUT	DISTANCIA	PUN	ESTE (m)	Norte (m)	PUN	ESTE (m)	Norte (m)	PUN	ESTE (m)	Norte (m)	1-2	225 57
	° ' "	m cm	1	1000,00	1000,00	1	481947,5	1109496,16	1	481947,53	1109496,11		
1-2	226 57	27 18	2	980,14	981,44	2	481928,11	1109477,29	2	481928,10	1109477,32		
2-3	316 59	59 47	3	939,56	1024,92	3	481886,94	1109519,84	3	481887,01	1109519,86		
3-4	47 06	26 83	4	959,22	1043,19	4	481906,33	1109538,36	4	481906,24	1109538,36		
4-1	136 39	59 40											

Se corrige el derrotero original del plano en (225° 57' – 226° 57' = - 1°), resultando el derrotero del cuadro siguiente, y con éste y las coordenadas fijadas (N = 1109496,11 m y E = 481947,53 m), se calculan las coordenadas finales del plano a presentar en la Subdirección Catastral del Registro Inmobiliario.

DERROT. ORIG. CORREG. Ac1-2 HELM			Coords. Finales CR05/CRTM05			DERROT. CALC. COORDS: FINALES		
LINEA	AZIMUT	DISTANCIA	PUN	ESTE (m)	Norte (m)	LINEA	AZIMUT	DISTANCIA
	° ' "	m cm	1	481947,53	1109496,11		° ' "	m cm
1-2	225 57	27 18	2	481927,99	1109477,21	1-2	225 57	27 18
2-3	315 59	59 47	3	481886,67	1109419,98	2-3	315 59	59 46
3-4	46 06	26 83	4	481906,00	1109538,58	3-4	46 05	26 83
4-1	135 39	59 40				4-1	135 38	59 40

Nota: Para el cálculo anterior, bien pudimos emplear las coordenadas leídas CR05/CRTM05 sobre los vértices del plano digitalizado, con el GIS y el comando SNAP (los resultados de la transformación de Helmert en dos dimensiones, muestran un error medio cuadrático de punto ( $m_p = \sigma_p$ ) de  $\pm 9$  cm).

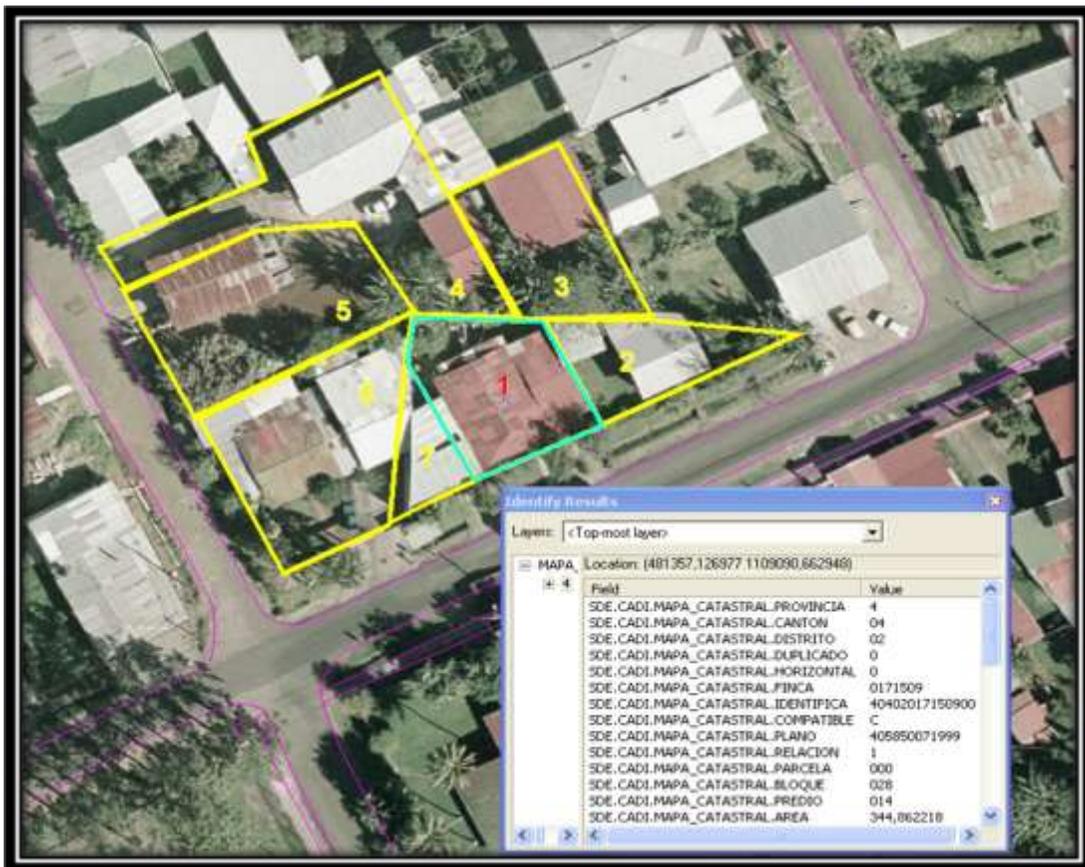
Se deben cumplir siempre dos condiciones, el derrotero se da en coordenadas CR05/CRTM05 y además con estas mismas coordenadas, se tiene que poder calcular el derrotero original únicamente corregido en orientación, por la diferencia entre el acimut de cuadrícula y el acimut del derrotero original para la línea elegida.

## B. UTILIZANDO EL MAPA CATASTRAL

Se considera el mapa catastral (en zona definida como catastrada, como por ejemplo la del Decreto Ejecutivo N° 36830-JP), como un insumo rico en información predial, tanto gráfica como literal, para realizar el estudio previo de antecedentes que exige el Decreto Ejecutivo N° 34331-J, que es el Reglamento a la Ley de Catastro N° 6545, en su artículo 21, "Previo al levantamiento de agrimensura, el agrimensor comprobará en el Registro Inmobiliario y con

el propietario o poseedor del inmueble, los títulos de propiedad y la existencia de derechos u otras cargas sobre la misma. Además, deberá verificar en los mapas y registros catastrales. En caso de que no hubiere mapas y registros catastrales, verificará los planos catastrados con anterioridad y cualquier otra información complementaria, oficialmente publicitada”.

Como un ejemplo de un estudio del tipo señalado arriba, en la figura N° 16, se pueden observar resaltados en magenta los linderos de un predio a levantar y en amarillo los de los colindantes, así como parte de información literal sobre ellos que se puede consultar.

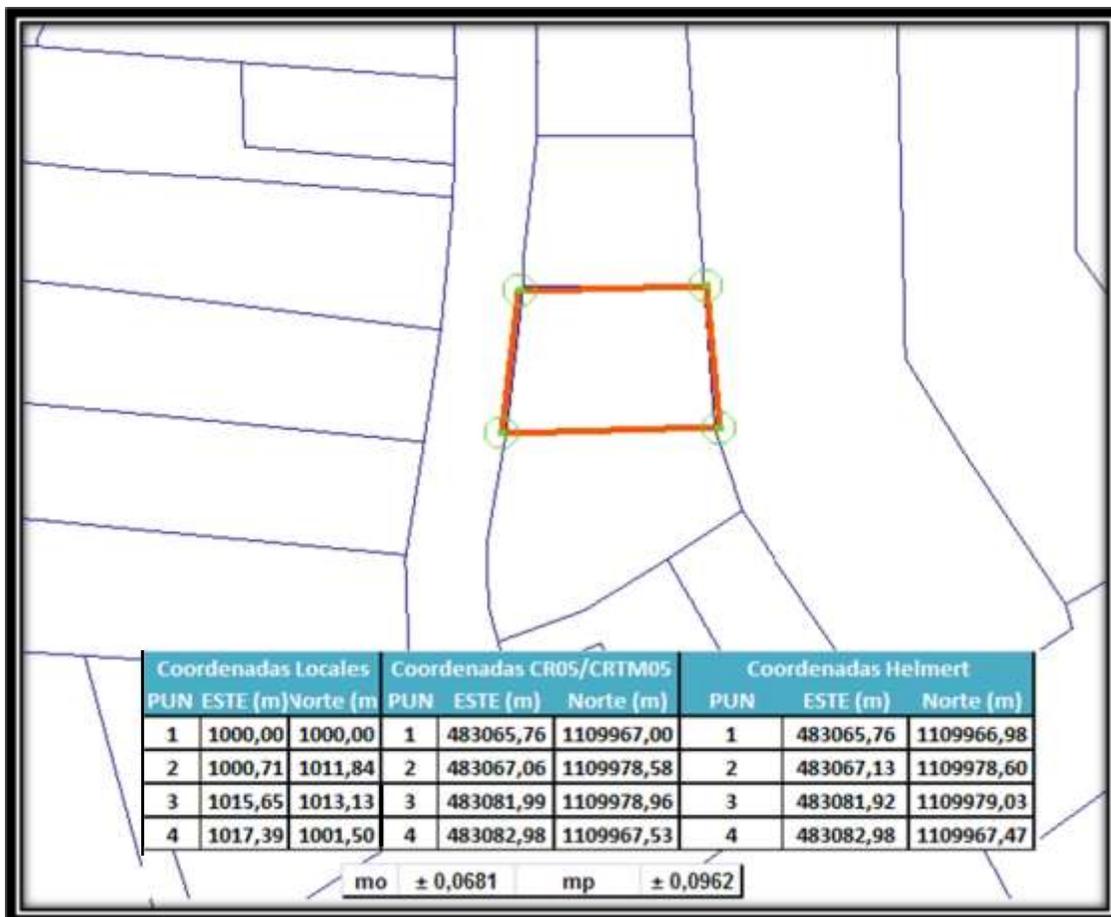


**Figura 16. Mapa Catastral y consulta predial.**

2. Montaje del plano de agrimensura en el mapa catastral;

2.1. Se realiza el levantamiento de agrimensura en forma local en el campo (de la manera acostumbrada) y calculándose y dibujándose posteriormente el plano de agrimensura que se pretende presentar en el Registro Inmobiliario, para su calificación y registración catastral, el cual se monta en forma digital en el mapa que corresponde. De esta manera

queda el plano automáticamente georreferenciado y se pueden leer las coordenadas CR05/CRTM05 directamente sobre los vértices del plano de agrimensura. En este caso, se obtienen dos listados de parejas de coordenadas para los vértices del polígono (uno en el sistema local que se utilizó en el levantamiento de campo y otro en el CR05/CRTM05 leído sobre los vértices del plano de agrimensura montado en el mapa), por lo que se debe realizar una transformación de Helmert en dos dimensiones de las coordenadas locales a las nacionales oficiales, para obtener los errores medios cuadráticos para cualquier punto transformado ( $\sigma_0 = m_0$ ), y a para un punto en particular ( $\sigma_p = m_p$ ), con lo cual se puede apreciar la calidad de lecturas de coordenadas y de la transformación de coordenadas realizada (ver figura N° 17).



**Figura 17. Plano de agrimensura digitalizado, montado sobre el mapa y listado de coordenadas CR05/CRTM05 leídas y ajustadas**

Nota: el error de cierre lineal del derrotero del plano usado para este ejemplo, que se muestra a continuación, fue de  $\sigma_l = + 0.05$  cm, para una tolerancia de  $\pm 0,06$  m.

DERROTERO PLANO				
LINEA	AZIMUT		DISTANCIA	
	°	'	m	cm
1-2	3	27	11	86
2-3	85	03	15	00
3-4	171	30	11	76
4-1	265	03	17	46

Se debe advertir que el montaje mostrado en la figura 17, se realizó utilizando el programa ArcMap de ESRI para la digitalización del plano de la figura 15 (que aparece en color rojo), su montaje en el mapa y la lectura de coordenadas CR05/CRTM05 sobre los vértices del plano digitalizado, mediante el uso del comando SNAP.

Se puede observar que los resultados de la transformación de Helmert en dos dimensiones, arrojan un error medio cuadrático de punto ( $mp = \sigma_p$ ) de  $\pm 10$  cm.

El paso que sigue es fijar por ejemplo las coordenadas del punto 1 (N = 1109966,98 m y E = 483065,76 m) de la transformación de Helmert y calcular el acimut del punto 1 al punto 2 ( $Ac_{1-2} = 6^\circ 43'$ ).

DERROTERO PLANO				Coordenadas Locales			Coordenadas CR05/CRTM05			Coordenadas Helmert			Acimut de 1-2 HELMERT			
LINEA	AZIMUT	DISTANCIA		PUN	ESTE (m)	Norte (m)	PUN	ESTE (m)	Norte (m)	PUN	ESTE (m)	Norte (m)				
	°	'	m	cm	1	1000,00	1000,00	1	483065,76	1109967,00	1	483065,76	1109966,98	1-2	6	43
1-2	3	27	11	86	2	1000,71	1011,84	2	483067,06	1109978,58	2	483067,13	1109978,60			
2-3	85	03	15	00	3	1015,65	1013,13	3	483081,99	1109978,96	3	483081,92	1109979,03			
3-4	171	30	11	76	4	1017,39	1001,50	4	483082,98	1109967,53	4	483082,98	1109967,47			
4-1	265	03	17	46												

Se corrige el derrotero original del plano en ( $6^\circ 43' - 3^\circ 27' = + 3^\circ 16'$ ), resultando el derrotero del cuadro siguiente, y con éste y las coordenadas fijadas (N = 1109966,98 m y E = 483065,76 m), se calculan las coordenadas finales del plano a presentar en la Subdirección Catastral del Registro Inmobiliario.

DERROT.	ORIG.	CORREG.	Ac1-2 HELM		Coords. Finales CR05/CRTM05			DERROT.	CALC.	COORDS: FINALES		
LINEA	AZIMUT	DISTANCIA	PUN	ESTE (m)	Norte (m)	PUN	ESTE (m)	Norte (m)	LINEA	AZIMUT	DISTANCIA	
	°	'	m	cm	1	483065.76	1109966.98		°	'	m	cm
1-2	6	43	11	86	2	483067.15	1109978.76	1-2	6	44	11	86
2-3	88	19	15	00	3	483082.14	1109979.20	2-3	88	21	15	00
3-4	174	46	11	76	4	483083.21	1109967.49	3-4	174	46	11	76
4-1	268	19	17	46				4-1	268	20	17	47

Nota: Para el cálculo anterior, bien pudimos emplear las coordenadas leídas CR05/CRTM05 sobre los vértices del plano digitalizado, con el GIS y el comando SNAP (los resultados de la transformación de Helmert en dos dimensiones, muestran un error medio cuadrático de punto ( $m_p = \sigma_p$ ) de  $\pm 10$  cm).

Se deben cumplir siempre dos condiciones, el derrotero se da en coordenadas CR05/CRTM05 y además con estas mismas coordenadas, se tiene que poder calcular el derrotero original únicamente corregido en orientación, por la diferencia entre el acimut de cuadrícula y el acimut del derrotero original para la línea elegida.

### C. MONTAJE DE PLANOS CATASTRADOS EN LA ORTOFOTO PARA EL ESTUDIO DE ANTECEDENTES CATASTRALES REGISTRALES;

Para la realización de un montaje de planos catastrados en la ortofoto se procede a hacer una investigación Catastral-Registral de las fincas y la respectiva conciliación jurídica con la finalidad de determinar la existencia de posibles traslapes entre ellas. Ver los tres planos dibujados en la figura 18 donde se ven los montajes con respecto a ubicación geográfica y referencia a esquina de cada uno de los planos quedando dichos planos georreferenciados.



Figura 18. Montaje de planos Plano A, Plano B y Plano C.

Después del análisis respectivo se pudo concluir del montaje que aparece en la figura 16, y de los correspondientes estudios registrales, que el plano que genera los traslapes es el

Plano C, por una sobreposición parcial con el Plano A y el Plano B. El traslape del plano A sobre el plano B, se debe a una segregación de la finca que describe el plano B.

Se debe advertir que el montaje mostrado en la figura 16, se realizó utilizando la ortofoto original, que en este momento sólo es accesible para dicho efecto, mediante compra (ver página 20 sobre su adquisición).

#### D. ENLACES A LA RED OFICIAL POR MÉTODOS TOPOGRÁFICOS O CONVENCIONALES;

1. Siempre y cuando se cuente con vértices de la Red nacional oficial de coordenadas CR05/CRTM05, cerca del sitio donde se va a realizar el levantamiento de agrimensura, éstos se pueden utilizar para georreferenciar o enlazar a dicha red, el levantamiento citado. También si se tienen vértices con las coordenadas viejas en la proyección Lambert, Elipsoide de Clarke de 1866, Datum de Ocotepaque, se puede usar la rutina de transformación en Excel “D1484 LAH7TM Transformación de Lambert a CRTM/CR05 basada en Helmert - 7 parámetros” para obtener las coordenadas CRTM/CR05.



**Figura 19. Ejemplo de enlace de la Red Nacional por métodos Topográficos**

Si se cuenta con una pareja de georreceptores GNSS y vértices de la Red Nacional Oficial de Coordenadas CR05/CRTM05 o con las coordenadas viejas en la proyección Lambert, Elipsoide de Clarke de 1866, Datum de Ocotepaque, convertidas a CR05/CRTM05, se pueden trasladar las coordenadas del sistema, hasta el sitio de la medición, para continuar midiendo por ejemplo con estación topográfica total figura 20.

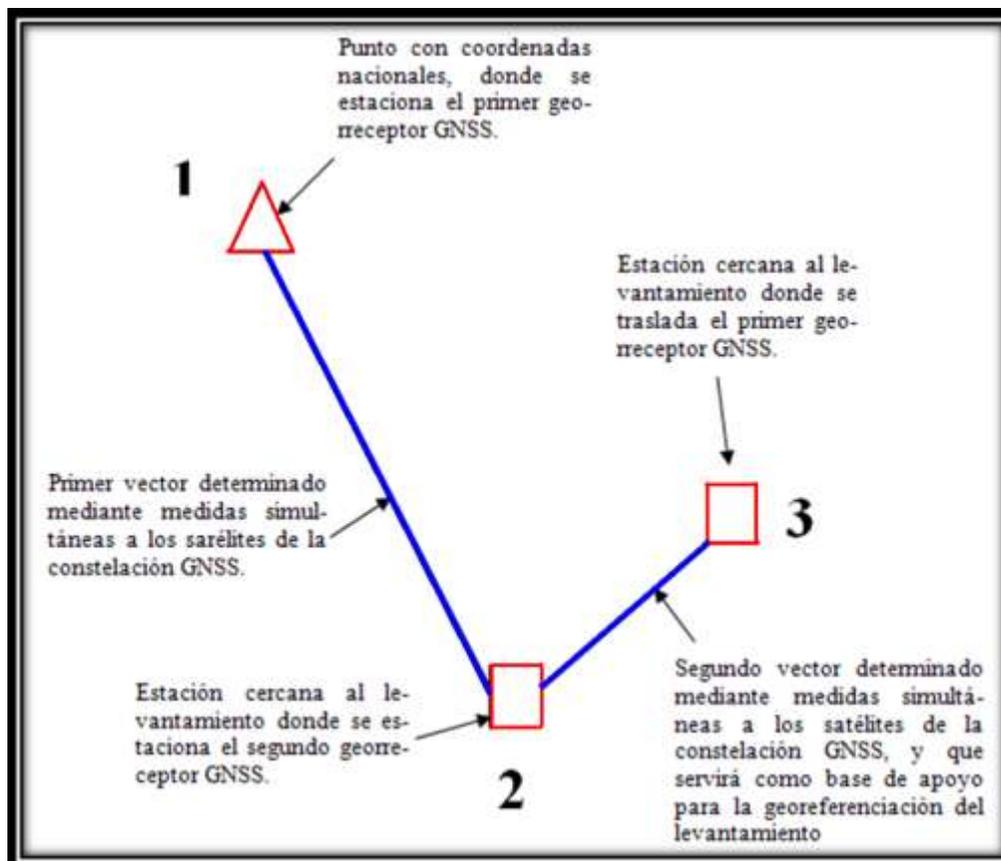


Figura 20. Enlace a un punto de la Red Oficial de Coordenadas para materializar una base GNSS y continuar con un levantamiento de agrimensura convencional.

#### E. ENLACES A LA RED DE ESTACIONES DE REFERENCIA DE OPERACIÓN CONTINUA GNSS DEL REGISTRO NACIONAL.

En la página N° 15, apartado N° 4. Red de estaciones de referencia de operación continua GNSS del Registro Nacional, se ofrece la información básica sobre esta Red.

A continuación se muestran algunos ejemplos de trabajos ejecutados por la Subdirección Catastral del Registro Inmobiliario, utilizando un solo georeceptor y el enlace a dicha Red. Como es lógico, y similar al caso de la Figura 20. **Enlace a un punto de la Red Oficial de Coordenadas para materializar una base GNSS para continuar con un levantamiento de agrimensura convencional**, se deben determinar al menos dos puntos de base para la determinación de el enlace a la Red Nacional Oficial de Coordenadas CR05/CRTM05, para continuar midiendo por ejemplo con una estación topográfica total.

### 1.1 Determinación de las coordenadas de un punto P<sub>1</sub>, situado en las inmediaciones del Registro Nacional.

Esta medición de prueba, se llevó a cabo con un receptor de doble frecuencia, programado con una máscara de elevación de 10°, épocas de captura de datos cada 15 segundos y distribución de satélites PDOP o Dilución de la Precisión Posicional, que es una medida sin unidades que indica cuando la geometría satelital provee los resultados más precisos, y para obtener precisiones submétricas el PDOP debe ser de 4 o menos; sin embargo el que se fijó en este caso fue menor que 7, para evitar posibles caídas o interrupciones de las mediciones. Se localizó un punto (P<sub>1</sub>), en las inmediaciones del Registro Nacional, que tuviera una visibilidad aceptable pero no excelente. El método utilizado fue estático relativo con relación a las Estaciones GNSS del Registro Nacional y una sesión de medición de una hora.

El ajuste se ejecutó con el programa comercial, utilizando los archivos RINEX de las estaciones PUNT (Puntarenas), CIQU (Ciudad Quesada), LIMN (Limón) y SAGE (San Isidro del General), alejados de P<sub>1</sub> aproximadamente 83 Km (ver figura 19), y no se tomó en cuenta el vértice RIDC (Registro Nacional), para que su cercanía no influyera en los resultados de exactitud se muestran en la tabla 1.

**Nota:** Entiéndase en las cuatro tablas siguientes que muestran cálculos, por “Elevación” la altura ortométrica y por “Altura” la altura geodésica. Además, recalcamos que las mediciones que aparecen en ellas, fueron realizadas en octubre del 2010, por lo cual no están afectadas conforme al aviso de noviembre del 2012, del Registro Inmobiliario, que se refiere al uso actual de las estaciones permanentes de operación continua del Registro Nacional, que aparece en la página [www.rnpdigital.com](http://www.rnpdigital.com)

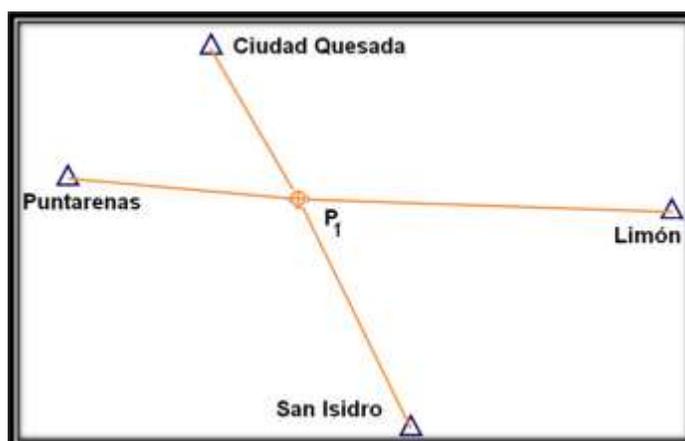


Figura 21. Croquis de ubicación del punto P<sub>1</sub> con relación a estaciones GNSS del Registro Nacional.

**Tabla N° 1. Coordenadas de cuadrícula ajustadas para el punto P1 en el Registro Nacional, utilizando efemérides transmitidas y  $1.96\sigma$ .**

Nombre punto	Norte	Error N	Este	Error E	Altura	error a	Fijo
P1	1096963.398m	0.007m	494680.820m	0.013m	1199.552m	0.048m	
Cuidad Quesada	1141437.061m	0.000m	452770.813m	0.000m	679.828m	0.000m	NE a
Limón	1105137.457m	0.000m	606744.664m	0.000m	25.149m	0.000m	NE a
Puntarenas	1103633.627m	0.000m	408765.630m	0.000m	23.766m	0.000m	NE a
San Isidro	1036430.042m	0.000m	532482.191m	0.000m	723.302m	0.000m	NE a

### 1.2 Medición sobre el vértice de primer orden Bella

El vértice de primer orden Bella, ubicado en Bella Vista de San Rafael de Puriscal, que forma parte de la Red Nacional de Coordenadas, fue ocupado en la red geodésica GNSS, que se midió y ajustó para la determinación de la posición de las antenas de las estaciones de la red de medición continua del Registro Nacional.

La División Catastral del Registro Inmobiliario, ha realizado mediciones GPS de nuevo en este punto, con instrumental de doble frecuencia, en una sesión de cuatro horas, utilizando una máscara de elevación de  $0^\circ$ , épocas de 30 segundos y PDOP menor que 7.

Para el ajuste se usaron efemérides transmitidas, empleando para el enlace a la Red Oficial, las estaciones PUNT (Puntarenas), CIQU (Ciudad Quesada), RIDC (Registro Nacional) y SAGE (San Isidro del General), alejados del vértice Bella aproximadamente 57 Km (Figura 22).

Las diferencias de coordenadas entre las registradas oficialmente y las calculadas, resultan de -19 mm en Norte y -3 mm en Este, y de 37 mm en altura elipsoidal (las coordenadas de cuadrícula del vértice Bella en el Sistema de la Red Geodésica son  $N = 1087136,327 \text{ m} \pm 0,4 \text{ cm}$  y  $E = 468522,652 \text{ m} \pm 0,5 \text{ cm}$  y las calculadas aparecen en la tabla 2 siguiente en esta guía).

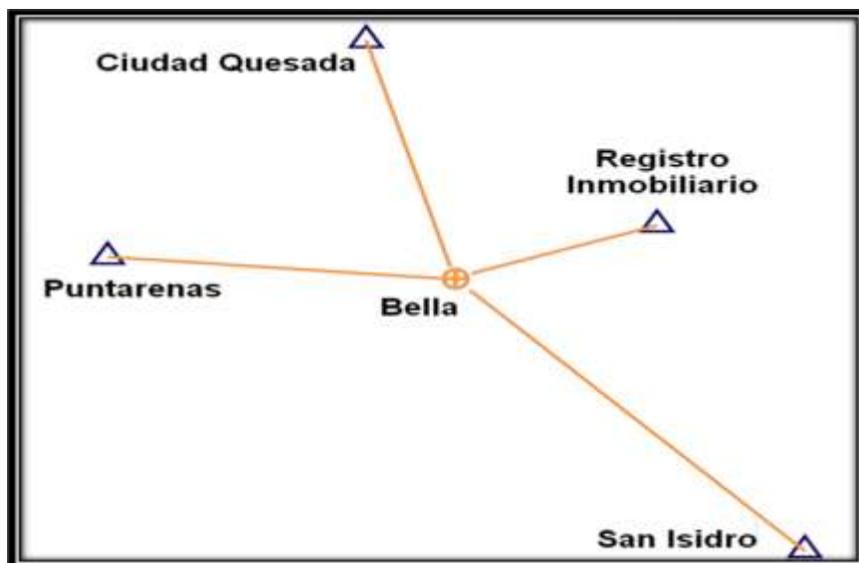


Figura 22. Croquis de ubicación del vértice de primer orden Bella con relación a las estaciones GNSS del Registro Nacional.

Tabla N°2 Coordenadas de cuadrícula ajustadas para el vértice Bella Utilizando efemérides transmitidas y  $1.96\sigma$

Nombre punto	Norte	Error N	Este	Error E	Altura	error a	Fijo
BELLA	1087136.346m	0.026m	468522.655m	0.033m	802.256m	0.194m	
CIQU	1141437.061m	0.000m	452770.813m	0.000m	679.828m	0.000m	NE a
PUNT	1103633.627m	0.000m	408765.630m	0.000m	23.766m	0.000m	NE a
RIDC	1096861.848m	0.000m	494618.852m	0.000m	1212.248m	0.000m	NE a
SAGE	1036430.042m	0.000m	532482.191m	0.000m	723.302m	0.000m	NE a

### 1.2 Coordenadas de un punto, medidas con un georreceptor de una frecuencia y durante una sesión de una hora

Las coordenadas CR05/CRTM05 del punto CATA (ubicado en un pilar de observación construido en la azotea central de los módulos registrales del Registro Nacional), son N = 1096849,89 m y E = 494629,384 m, determinadas con un  $\sigma = \pm 2$  cm.

Las coordenadas CR05/CRTM05 medidas y ajustadas del punto CATA, enlazado a cuatro estaciones GNSS, resultaron como se ve en el siguiente cuadro.

### Coordenadas de cuadrícula ajustadas

Se informa sobre errores utilizando  $1,96\sigma$ .

Nombre punto	Norte	Error N	Este	Error E	Elevación	Error e	Fijo
CATA	1096850,192m	0,057m	494629,789m	0,311m	1193,638m	3,385m	
Puntarenas	1103633,627m	0,000m	408765,630m	0,000m	13,761m	3,384m	NE a
Cuidad Quesada	1141437,061m	0,000m	452770,813m	0,000m	668,826m	3,384m	NE a
Liberia	1175853,661m	0,000m	342665,090m	0,000m	154,903m	3,384m	NE a
Nicoya	1121856,424m	0,000m	340593,588m	0,000m	140,487m	3,384m	NE a

La diferencia en coordenadas  $\Delta N$  y  $\Delta E$ , para este punto con relación a las conocidas, fue de + 0,30 m y + 0,40 m.

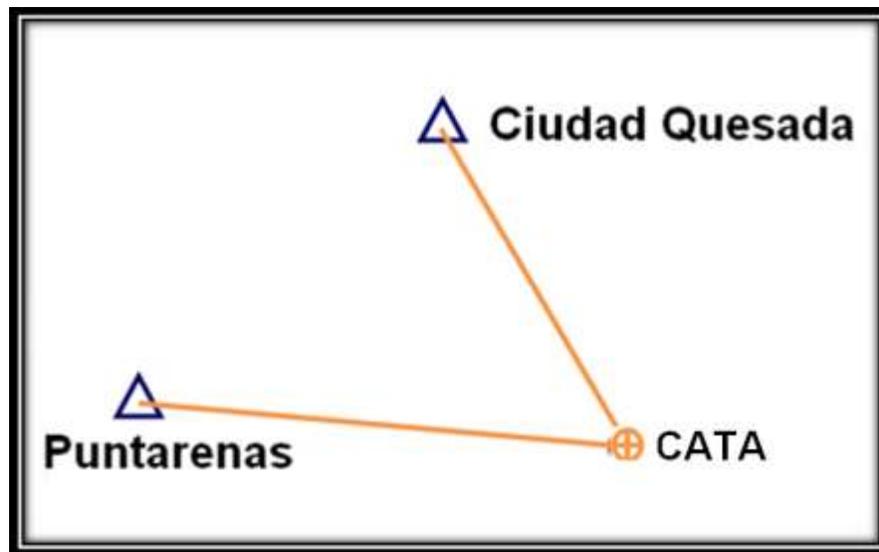


Figura 23. Croquis de ubicación del vértice CATA con relación a las dos estaciones más cercanas GNSS del Registro Nacional.

### Coordenadas de cuadrícula ajustadas

Se informa sobre errores utilizando  $1,96\sigma$ .

Nombre punto	Norte	Error N	Este	Error E	Elevación	Error e	Fijo
CATA	1096850,048m	0,045m	494629,543m	0,243m	1193,581m	3,464m	
Puntarenas	1103633,627m	0,000m	408765,630m	0,000m	13,761m	3,463m	NE a
Cuidad Quesada	1141437,061m	0,000m	452770,813m	0,000m	668,826m	3,463m	NE a

La diferencia en coordenadas  $\Delta N$  y  $\Delta E$ , para este caso, fue de + 0,15 m y + 0,16 m

## 8. Bibliografía

- T. J. Blachut, A. Chrzanowski, J. H. Saastamoinen, "**Cartografía y Levantamientos Urbanos**", Catálogo de Publicaciones de la Librería del Congreso, 1979;
- J.B. Mena, "**Geodesia Superior**", Instituto Geográfico Nacional, España, 2008;
- J.B. Mena, "**Proyecciones Cartográficas y Geodesia Espacial**", Instituto Geográfico Nacional, España, 2008;
- W. Torge, "**Geodesy**", Walter de Gruyter & Co., Segunda Edición, 1991;
- P.S. Zakatov, "**Curso de Geodesia Superior**", Editorial MIR, 1981;
- A. Nuñez, J.L. Valbuena, J. Velasco, G.P.S., "**La nueva era de la topografía**", Ediciones de las Ciencias Sociales S.A., 1992;
- Geotecnologías S.A., **Definición y oficialización del Sistema Nacional de Coordenadas**, Informe final y parciales de la Consultoría contratada por la Unidad Ejecutora del Programa de Regularización del Catastro y Registro, Costa Rica, 2005;
- Móviles de Costa Rica S. A., Informe sobre la medición y elaboración de la red de estaciones de operación continua GNSS del Registro Nacional, Licitación Pública Internacional 2009IT-000001-UE, denominada "**Adquisición, instalación y puesta en operación de ocho receptores de señales de posicionamiento geodésico satelital para estaciones de operación continua**", 2010;
- G. Rodríguez, R. Monge, Garro, **La georreferenciación de planos de agrimensura, IV Jornada Registral**, 2012;
- R. Monge, **Principios de Geodesia General, Escuela de Ingeniería Topográfica, Universidad de Costa Rica, sin editar**, marzo del 2012;
- Trimble Navigation Limited, **Postprocessed Surveying (Training Guide)**, Trimble Navigation Limited, Sunnyvale, CA, USA, 2003;
- Instituto Geográfico Nacional, **El Sistema de Referencia CR05 y Proyección Transversal Mercator para Costa Rica CRTM**, Instituto Geográfico Nacional, Costa Rica, 2006.