

## *RESUMEN*

En este trabajo se desarrolla el estudio de los resultados de utilizar diferentes proyecciones cartográficas. Para esto se exhibe algunos problemas a los que todos los profesionales de la agrimensura de cualquier parte del mundo se enfrentan al momento de representar los datos obtenidos en un relevamiento de campo utilizando equipos GNSS.

También se investigó en el mundo cómo los profesionales enfrentan esta problemática, observando que en muchos países ni siquiera se había planteado el problema o pretendido resolverlo. En Uruguay el dilema está en primer plano, ya que han surgido resultados controversiales en algunos trabajos, por lo que resulta imperioso abordar el tema e intentar despertar una inquietud en los profesionales que aún no se han enfrentado a las dificultades que son analizadas en este trabajo.

*Palabras claves:* Proyección, cartografía, sistema de referencia, catastro, GNSS, coordenadas.

## **ÍNDICE**

<b>RESUMEN</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
<b>OBJETIVO DEL TRABAJO</b>	<b>7</b>
<b>ESTADO DEL ARTE</b>	<b>8</b>
AUSTRALIA	8
SOUTH AUSTRALIA	8
VICTORIA	9
MÉXICO	9
ARGENTINA	12
TIERRA DEL FUEGO	12
LA PAMPA	12
SALTA	13
TUCUMÁN	14
MENDOZA	14
CÓRDOBA	15
RÍO NEGRO	16
SANTA FE	16
VENEZUELA	17
REPÚBLICA DOMINICANA	18
COSTA RICA	19
GUATEMALA	19
ESPAÑA	20
ESTADOS UNIDOS	21
SUECIA	22
URUGUAY	23
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>25</b>
GEODESIA	25
TOPOGRAFÍA	26
CARTOGRAFÍA	26
SISTEMAS DE REFERENCIA	26
SUPERFICIES DE REFERENCIA	26
GEOIDE	26
ELIPSOIDE	26
SISTEMA DE COORDENADAS	27
SISTEMA DE COORDENADAS CARTESIANAS GEOCÉNTRICAS	27
SISTEMA DE COORDENADAS GEODÉSICAS	27
DATUM	28
GEODÉSICA	28
TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS	28
TRANSFORMACIÓN DE HELMERT (BURSA-WOLF)	29
TRANSFORMACIÓN DE MOLODENSKY-BADEKAS	29
SISTEMA DE REFERENCIA GEODÉSICO LOCAL	30
SISTEMA DE REFERENCIA GEODÉSICO REGIONAL	30
POSGAR	31
SISTEMA DE REFERENCIA GEODÉSICO GLOBAL	31
ITRS	31
ITRF	31
PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS	31
DEFORMACIONES	33
SISTEMAS DE COORDENADAS PLANAS	33

PROYECCIÓN MERCATOR	33
PROYECCIÓN TRANSVERSA DE MERCATOR	34
GAUSS – KRÜGER	34
Deformaciones de la proyección	36
Convergencia plana de los meridianos	36
Coeficiente de deformación lineal para elementos infinitesimales	37
Coeficiente de deformación superficial para elementos infinitesimales	37
Aplicación de los factores de deformación	40
¿POR QUÉ SE PUEDE CONSIDERAR AL ÁREA ELIPSOIDAL COMO EL ÁREA PLANA SEGÚN UNA PROYECCIÓN LOCAL?	40
UTM	41
Convergencia plana de los meridianos	42
Coeficiente de deformación lineal para elementos infinitesimales	42
Coeficiente de deformación superficial para elementos infinitesimales	43
Aplicación de los factores de deformación	47
DEFLEXIÓN ANGULAR DE LA GEODÉSICA ( $\psi$ )	47
CÓNICA DE LAMBERT	47
CAMPO INCHAUSPE '69	48
ROU-USAMS	48
CATASTRO	48
TOLERANCIAS EN DNC	49
<b>PROBLEMÁTICA</b>	<b>50</b>
<b>ANÁLISIS</b>	<b>58</b>
EJEMPLO 1: Alturas	58
EJEMPLO 2: Predio cuadrado	60
EJEMPLO 3: Predio rectangular, dirección Este Oeste	81
EJEMPLO 4: Predio rectangular, dirección Norte Sur	90
EJEMPLO 5: Otra proyección para Uruguay	97
<b>OBSERVACIONES GENERALES</b>	<b>100</b>
<b>CONSIDERACIONES</b>	<b>102</b>
<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>104</b>
<b>SIGLAS</b>	<b>106</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>109</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>110</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>111</b>

## INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos en materia de instrumentales geodésicos y topográficos han sido sumamente significativos en las últimas tres décadas. El cambio más trascendente se da con la aparición en los años '80 del NAVSTAR GPS (Navigation Satellite Time And Ranging Global Positioning System) de Estados Unidos, sistema derivado del TRANSIT, que garantiza conocer la posición con precisión en cualquier lugar del mundo en todo momento. Hoy en día se incluye en un único sistema, el posterior sistema GLONASS de la Federación Rusa y el mencionado GPS, que se lo conoce como GNSS (Global Navigation Satellite System). En un futuro, eventualmente, se incluirá el sistema CNSS de la República Popular China; el IRNSS de India; el QZSS de Japón; y el inminente sistema europeo Galileo. Si bien gracias a estos equipos los trabajos de campo se han tornado menos dificultosos, nos han obligado a incluir conceptos con los que no estábamos habituados en el trabajo diario. Son ejemplo de estos, proyecciones cartográficas, sistemas de referencia geodésicos globales, coeficiente de deformación lineal y de superficie, convergencia de los meridianos, altura elipsoidal, etc.

En la República Oriental del Uruguay estos instrumentos ya eran utilizados por docentes de la Facultad de Ingeniería de la UdelaR en el año 1987. El primer trabajo topográfico con GPS es realizado, también por Facultad de Ingeniería, en 1994. Al año siguiente se comienza a manipular por profesionales para trabajos de mensuras rurales y relevamientos de grandes extensiones. Es a fines del siglo pasado que se populariza su uso.

Desde entonces al día de hoy, los Ingenieros Agrimensores que ejercen su profesión en Uruguay y utilizan tecnología GNSS deben decidir, según criterios subjetivos, cuál es la mejor forma de representar los datos de campo. Es decir, elegir qué proyección cartográfica utilizar para obtener coordenadas planas (siendo estas más intuitivas para la interpretación que las geodésicas), superficies y deslindes, provocando que dos Agrimensores que realicen exactamente el mismo relevamiento, obtengan resultados diferentes que no se puedan considerar como errores intrínsecos en todo método de medición. Al trabajar con teodolito o estación total esto no ocurre, pues la decisión de cómo representar datos de campo es inmediata y *casí única*. *Única* en cuanto a que la proyección que se utiliza es siempre sobre una superficie poliédrica, cuyas caras son perpendiculares a las verticales por los puntos donde se estacionó el instrumento topográfico. Y *casí* porque la complejidad de la superficie será diferente en cada trabajo, pues depende de cuantos cambios de estación se haya realizado para completar cada relevamiento. Las discrepancias entre los diferentes poliedros que se utilicen para proyectar lo relevado según métodos clásicos son mínimas e imperceptibles, por lo que hasta la aparición de equipos GNSS el problema de la elección de proyecciones cartográficas no existía.

Por lo tanto, el advenimiento de la tecnología GNSS nos obliga a enfrentarnos al problema de la subjetividad antes mencionada.

En este trabajo se pretende aportar criterios cartográficos y geodésicos para el caso de mensuras rurales, y así lograr estándares con los que se evite futuros problemas de controversia de datos.

Desde el punto de vista legal también resulta imperioso estudiar esta problemática, dado que en el Decreto N°318/95 y en la Resolución N°24/96, normas que regulan el cotejo y registro de planos de mensura, no existe referencia alguna a la actual metodología de trabajo de la que se trata en este texto. Esta omisión podría calificarse de vacío legal, produciendo incertidumbre tanto en el trabajo profesional como en el de los técnicos de la Dirección Nacional de Catastro.

Además de estudiar la situación jurídica actual del Uruguay, se investigó en otras partes del globo terráqueo, manteniendo contacto con personas de México, Suecia, Australia, Venezuela, Estados Unidos, España y Argentina, y buscando información de República Dominicana, Guatemala, Costa Rica.

No se pretende redactar una norma jurídica que regule esta temática, sino aspirar a generar una reflexión y que, en el mejor de los casos, sí se concluya en una normalización del registro y cotejo de planos de mensura de predios rurales.

## *OBJETIVO DEL TRABAJO*

Aportar criterios cartográficos y geodésicos para el caso de mensuras rurales, y así lograr estándares con los que se evite futuros problemas de controversia de datos.

## ESTADO DEL ARTE

Como primera etapa en todo trabajo en el que se busca innovar, es oportuno estudiar el Estado del Arte para contar con una referencia a nivel nacional e internacional sobre el desarrollo actual de la temática a abordar.

La búsqueda de información se realizó en páginas web de entes y organismos de diferentes países, obteniendo normas sobre la materia o consultando vía correo electrónico tanto a los contactos de los sitios web, como a profesionales allegados.

Si bien no se obtuvo respuesta a la totalidad de las consultas, se logró un resultado altamente positivo en la recopilación de datos.

A continuación se cita la información recabada, ordenada por país y por provincia o estado.

### AUSTRALIA

#### ▪ SOUTH AUSTRALIA

Se escribió a Australia del Sur, uno de los estados de Australia. Donde se mantuvo contacto vía correo electrónico con Kim Nisbet, *Manager of Survey Investigations* del *Land Services Group* del *Department for Transport, Energy and Infrastructure* (DTEI) del Gobierno de Australia del Sur y Catedrático de *University of South Australia*.

Según lo transmitido por el Agrimensor Kim Nisbet, en este estado las mensuras se refieren a la proyección MGA94 (del inglés *Map Grid of Australia 1994*) según el sistema de referencia GDA94 (del inglés *Geocentric Datum of Australia 1994*), adoptado en 2000 para todos los estados y territorios de este país, y cuyo elipsoide asociado es el GRS80.

Para lograr referir las mensuras, Australia del Sur cuenta con marcas de control conocidas como “Marcas Permanentes de Relevamiento” (PSMs, del inglés *Permanent Survey Marks*). Estas se hallan en zonas urbanas y en parte de las rurales, principalmente en las más pobladas. Siempre que haya PSMs disponibles, al agrimensor actuante se le solicitará que se refiera a ellos, independientemente de que utilice equipos GNSS o no. En el caso de las zonas rurales poco pobladas donde no se encuentran marcas de control disponibles, solo las mensuras que se lleven a cabo con equipos GNSS podrán referirse al MGA94.

Los deslindes de las parcelas presentados en los planos corresponden a la distancia entre dos vértices reducida a la horizontal, pero no a la grilla de la proyección ni al nivel del mar. Esta distancia corresponde a la que se mediría con una cinta métrica tradicional o con un distanciómetro, y la conocen como *local ground distance*, cuya traducción literal al español es “distancia local sobre el terreno”. Entonces cuando las medidas son hechas entre PSMs con coordenadas MGA94 habrá una diferencia con la distancia horizontal debido a que las coordenadas de los PSMs están referidas al nivel del mar y a la proyección. Por esto se aplica un factor de escala combinado para hacer esta comparación. Además de los deslindes en el plano de mensura se presenta la superficie de la parcela según el Sistema Internacional (SI) de medidas, la que corresponde a las distancias horizontales antes mencionadas.

Se obtuvieron las directrices de cómo confeccionar los planos de mensura de Australia del Sur, allí se observó que en el rótulo se debe señalar cómo son medidas las dimensiones lineales de la parcela, mencionando que estas son reducidas a la horizontal. Además se establece qué MGA se utilizó, la zona del MGA en la que se realizó el trabajo (estas zonas se corresponden con las de la UTM), el factor de escala

combinado que corresponda para el cálculo de la distancia horizontal, y otras anotaciones.

Resultó curioso que este sistema catastral exija coordenadas de los vértices del predio solamente para los casos que los PSMs estén disponibles.

#### ▪ VICTORIA

También en Australia se mantuvo contacto con Chris Egan, funcionario de *Spatial Information Infrastructure* de *Victorian Government land services*, del estado más al sureste de Australia continental.

En este estado australiano los levantamientos catastrales deberán presentar sus coordenadas en las zonas 54 o 55 de la proyección MGA94 (UTM) según el sistema de referencia GDA94, que surgen directamente del equipo GNSS una vez configurado para ello. No obstante, la mayoría de las veces las coordenadas de los vértices de un predio son calculadas a partir de relevamientos realizados con técnicas tradicionales, refiriéndose mediante poligonales a redes geodésicas ubicadas alrededor de ciudades y pueblos, y luego midiendo rumbo y distancia entre estos. Para representar el resultado del relevamiento en el plano son aplicados “factores de escala estándares lineales y de altura”, para reducir las distancias al nivel del mar, y luego calcular el área usando geometría plana.

El sistema de registros de tierras de Victoria garantiza al propietario ser el dueño de una parcela, pero no qué superficie abarca esta. En el título de una propiedad se establecía el área de una fracción de tierra, pero de forma aproximada. Hoy en día el área no aparece más en el título, sino que aparece una referencia al plano en el que se establece y se garantiza el área del predio.

#### MÉXICO

Uno de los contactos en los Estados Unidos Mexicanos se mantuvo con el Ingeniero Arnaldo Arreola Semadeni, Director General de *Catastro Rural del Registro Agrario Nacional* (RAN), por recomendación del personal de Catastro de Mérida en Yucatán y del de Tonalá en Chiapas.

En este país el suelo se divide en diferentes categorías, propiedad pública, propiedad privada y propiedad social. A su vez, dentro de esta última categoría se encuentran las tierras ejidales, las tierras comunales, las colonias y los terrenos nacionales.

No se apartaría de la realidad comparar el suelo rural uruguayo con la propiedad social mexicana rural, más específicamente con los ejidos, que conforman un 77% de esta superficie. Por ejido se entiende, según el *Instituto Nacional de Estadística y Geografía* de México (INEGI), que “es la porción de tierras, bosques o aguas que el gobierno entregó a un núcleo de población campesina para su explotación. [...]”.

En la Ley Agraria de febrero de 1992 en su artículo N°56 se establece que el RAN emitirá las normas técnicas que se deberán seguir para la delimitación de tierras al interior del ejido, además de certificar el plano del o los predios al interior del polígono ejidal. Es en estas *Normas técnicas para la delimitación de las tierras al interior del ejido* que se regula asuntos de interés para este trabajo. Con respecto a los métodos de levantamiento, estas normas comienzan distinguiendo entre dos tipos, uno Geodésico Topográfico y otro Fotogramétrico. Adicionalmente se aclara que cualquiera sea el levantamiento que se realice para la delimitación de tierras ejidales, estos han de estar ligados a la *Red Geodésica Nacional Activa* (RGNA). Dado que en Uruguay se estila más trabajar con métodos geodésicos topográficos y que el proyecto

se enfoca en estos, es que se profundiza en el primer método. Siendo la finalidad del levantamiento geodésico y/o topográfico determinar las coordenadas geográficas o geodésicas de los vértices del predio, utilizando GNSS y/o instrumentos topográficos. Gracias a que el levantamiento se realiza vinculándolo a la RGNA y a que los vértices de esta red poseen sus coordenadas en el Marco de Referencia ITRF92, época 1988.0, todos los trabajos de relevamientos de predios ejidales tendrán sus coordenadas referidas a este marco.

Dentro del ejido o polígono ejidal se identifican tres tipos de tierras, de uso común, de asentamiento humano y de explotación colectiva. Para cada caso se obtendrán productos cartográficos distintos, pero sólo se considerarán los planos de los predios de uso común y de explotación colectiva, por su similitud con los predios rurales uruguayos. Entonces se tendrán en cuenta las normas de los siguientes planos: planos internos del ejido, planos de parcelarios individuales, y planos de tierras de uso común o de explotación colectiva. Los primeros son de interés para el trabajo ya que son polígonos de extensión territorial considerable, pues promedialmente un ejido abarca una superficie de 2000 hectáreas.

“Los planos internos del ejido contendrán la siguiente información:

1. Canevá geográfico
2. Coordenadas en la proyección UTM cada 10cm y representadas en intersecciones
3. Norte geográfico
4. Delimitación del perímetro ejidal
5. [...]
6. Numeración de los vértices
7. Colindancias y su ubicación
8. [...]
9. Delimitación de las áreas de:
  - Asentamiento humano y fundo legal, en la que se señale la distribución de las manzanas con su nomenclatura
  - Tierras de uso común
  - Parcelamiento, en el que se señale el número de cada parcela
  - Tierras de explotación colectiva, en su caso
10. Cuadro de distribución de superficies, que indique según sea el caso las siguientes áreas:
  - Parcelada
  - Uso común
  - Explotación colectiva
  - Asentamientos humanos
  - Infraestructura
  - Ríos, arroyos y cuerpos de agua
  - Especiales
  - Afectaciones
11. Cuadro de construcción en la proyección UTM del perímetro ejidal (lado, azimut, distancia, coordenadas (X, Y), convergencia y factor de escala).

Los planos parcelarios individuales deberán contener la siguiente información:

1. Coordenadas en la proyección UTM cada 5cm y representadas en intersecciones
2. Norte geográfico
3. Delimitación de la parcela
4. Numeración de los vértices
5. Número de las parcelas colindantes y su ubicación
6. [...]
7. Cuadro de construcción en la proyección UTM del área de la parcela individual (lado, azimut, distancia, coordenadas (X, Y), convergencia y factor de escala)
8. Cuadro de distribución de superficies que indique según sea el caso las siguientes áreas:
  - Parcelada
  - Infraestructura
  - Ríos, arroyos y cuerpos de agua
  - Especiales
  - Afectaciones

9. [...]
10. [...]

Los planos de las tierras de uso común o de explotación colectiva, contendrán la siguiente información:

1. Canevá geográfico
2. Coordenadas en la proyección UTM cada 10cm y representadas en intersecciones
3. Norte geográfico
4. Delimitación de la tierra de uso común o de explotación colectiva
5. Numeración de los vértices
6. Colindancias y su ubicación
7. [...]
8. Cuadro de localización dentro del ejido
9. Cuadro de construcción en la proyección UTM del área de tierras de uso común o de explotación colectiva (lado, azimut, distancia, coordenadas (X,Y), convergencia y factor de escala)
10. Cuadro de distribución de superficies que indique según sea el caso las siguientes áreas:
  - Uso común
  - Infraestructura
  - Ríos, arroyos y cuerpos de agua
  - Especiales
  - Afectaciones"

Otro contacto en este país fue con la Licenciada en Geografía Luisa Reyna Soto de la *Dirección General de Geografía* del INEGI.

El *Instituto Nacional de Estadística y Geografía* "establece convenios de colaboración interinstitucionales para el levantamiento topográfico o catastral de los predios rústicos (parcelas o uso común) o urbanos (asentamiento humano). En los que brinda su apoyo solo en el aspecto técnico de los levantamientos, aportando recursos humanos capacitados, equipamiento técnico y material cartográfico disponible en el propio Instituto".

Se obtuvo un ejemplo de planilla de coordenadas de un predio en particular (no se aclara de qué tipo), generada automáticamente por un software de dibujo asistido por computadora, una vez dibujados los polígonos a partir de los archivos de puntos. En esta se aprecia el listado de puntos, azimut y distancia entre ellos, coordenadas UTM, convergencia de los meridianos, factor de escala lineal, latitud y longitud.

La información facilitada por la Licenciada Soto esta referida a los mismos tipos de suelo que los comentados por el Ingeniero Arreola del RAN.

Finalmente se consiguió contactar al Ingeniero Luís Antonio Márquez Amiela de la empresa *Ingeniería Geomática Mexicana S.A. C.V.*, quien agregó que para calcular la superficie de una parcela se aplica una proyección Transversa de Mercator, conocida como Transversa Modificada Ejidal (TME), logrando que cada ejido tenga un meridiano central al que se le asigna un cierto valor y un factor de escala 1 en el meridiano central. Permitiendo trabajar de manera sencilla con una proyección como si se estuviera trabajando sobre el terreno, pues cada ejido tiene su propio meridiano central y la longitud de estos no es muy extensa. El ingeniero facilitó un ejemplo de los valores de una proyección a utilizar en el ejido "La cueva", falso Este: 500.000, falso Norte: 0,0, latitud origen: 0°00'00"N, meridiano central: 99°17'00"W, ancho de zona: 3°00'00". Los deslindes y la superficie de las parcelas de los ejidos son calculados según la proyección del ejido al que pertenece, y son presentados en el certificado parcelario. En este certificado, además de los datos del propietario y de la parcela, se incluye un plano de la misma, con un "cuadro de construcción" donde se indica los deslindes, rumbo, coordenadas TME, convergencia de los meridianos en esta proyección ( $\beta$ ) y en la UTM ( $\lambda$ ), y factor de escala lineal, y un "cuadro de distribución de superficies resultado del levantamiento". (Ver Anexo 1 - Certificado Parcelario)

## ARGENTINA

En este país rige la *Ley Nacional de Catastro* N°26.209 para todas las provincias. En su quinto artículo se establece como elemento esencial de la parcela la ubicación georreferenciada del inmueble, siendo además uno de los elementos constitutivos del estado parcelario del mismo. En el siguiente artículo se declara que la determinación de los parcelarios se realizará mediante levantamientos consistentes al acto de mensura ejecutados y autorizados por profesionales de la agrimensura, quienes asumirán la responsabilidad profesional por la documentación suscripta, de acuerdo a lo dispuesto en la presente ley y en la forma y condiciones que establezcan las legislaciones locales. En el artículo séptimo de la misma ley se expresa que “el estado parcelario quedará constituido por la registración en el organismo de aplicación del plano de mensura y demás documentación correspondiente al acto de levantamiento parcelario ejecutado”. Que además “en el plano deberán constar los elementos que permitan definir la parcela, según lo establece el artículo quinto de la presente ley y lo que establezca las legislaciones locales”.

De lo mencionado anteriormente se deduce que para cada provincia además de la Ley Nacional existen diversas normas que regulan de distinta manera el registro de los planos de mensura.

En el caso de la República Argentina se contactó vía correo electrónico a diferentes individuos y/u organismos de las 23 provincias, obteniendo respuestas útiles y específicas de Tierra del Fuego, La Pampa, Salta, Mendoza, Córdoba y Santa Fe. Además se encontró información efectiva para este trabajo en los sitios web de los organismos que regulan el registro de planos de mensura en Tucumán y Río Negro.

### ▪ TIERRA DEL FUEGO

En esta provincia el contacto se mantuvo con el Agrimensor Ezequiel Acuña, Director de *Geodesia y Mensura* de la *Dirección General de Catastro e Información Territorial*.

El sistema de referencia en Tierra del Fuego es el TDF95, equivalente al que en la época de su definición era el sistema oficial de Argentina, el POSGAR94. Si bien desde el 15 de mayo de 2009 el marco de referencia geodésico argentino pasó a ser el POSGAR07, por el momento el sistema provincial se ha mantenido.

Las coordenadas de los vértices de los predios rurales son presentadas según el sistema de proyección Gauss-Krüger para Argentina que, desde 1925 para cubrir todo el territorio nacional, se dividió en 7 fajas de 3° de ancho (desde la faja 1 con el meridiano de contacto de longitud 72° W, a la faja 7 con el meridiano de contacto de longitud 54°W). En el caso de esta provincia se utilizan las fajas 2 y 3 (69°W y 66°W respectivamente).

A pesar de que aún no exista un protocolo definido, lo que suele hacerse para calcular el área y los demás elementos geométricos de la parcela es generar una proyección Transversa Mercator, cuyo meridiano de contacto sea uno que pase por el sitio donde se practicó la mensura, y con las coordenadas planas obtenidas de esa proyección realizar los cálculos necesarios.

Una vez hecho esto, se proyecta nuevamente pero en la faja 2 o 3 (según corresponda) del sistema Gauss-Krüger antes mencionado.

### ▪ LA PAMPA

De esta provincia de Argentina no se logró obtener leyes que regulen el registro de planos de predios rurales, por lo que se estableció contacto con el Agrimensor

Guillermo Arhex, funcionario de la *Dirección General de Catastro de La Pampa*, quien brindó información acerca de la situación actual. Además de describir cómo se realiza este trabajo adjuntó un plano de mensura de un predio rural, con el fin de ofrecer un ejemplo donde se pueda observar en detalle las condiciones que este debe cumplir para ser registrado.

Gracias a esto se observó que el plano de mensura de un predio rural debe incluir entre otras cosas, una planilla donde se indican coordenadas geodésicas referidas al marco geodésico local POSGAR07, además de las coordenadas planas (X, Y) obtenidas según la proyección Gauss Krüger. Es menester recalcar que en esta provincia además de tomar estos vértices, se releva el punto más cercano perteneciente al Marco de Referencia Geodésico Nacional POSGAR07.

Cuando se indica la coordenada Y de la proyección de los puntos, se debe tener en cuenta que para que estas no sean negativas se le asigna al meridiano central de la faja a la que pertenece la parcela el valor 500.000m. Además en este valor Y se agrega el número de faja en la que se está trabajando, ocupando el lugar que correspondería al millón. Esta provincia es abarcada por las fajas 2, 3 y 4, por lo que los puntos pertenecientes a los meridianos centrales de cada una adoptarán las coordenadas 2.500.000, 3.500.000, 4.500.000 respectivamente. (Ver Anexo 2 - Plano)

#### ▪ SALTA

En Salta el contacto se realizó con el Ingeniero Esteban González, funcionario de *Sistemas de Información Geográfica de Salta (SIGSA)* del *Departamento de Sistemas* de la *Dirección General de Inmuebles de Salta*. Este profesional anexó en su respuesta a la consulta realizada la Resolución N°34383 correspondiente al Acta N°2319 de fecha 15 de marzo de 2006.

Esta resolución indica con carácter de obligatoriedad que se realice la vinculación y/o georreferenciación para todos los trabajos de mensura tanto de las parcelas urbanas como rurales, subrurales y para todo trabajo de mensura que implique la creación de lotes y/o urbanizaciones. Esta vinculación ha de ejecutarse según los puntos de la Red Geodésica de Control, en el marco de referencia POSGAR98.

Además se establece que la vinculación y/o georreferenciación deberá estar referida a dos vértices extremos de la mensura, recomendándose que dichos vértices se encuentren diagonalmente opuestos. Cuando el vértice a vincular se encuentre a menos de 2500 metros de un punto de la Red que cuente con pilar de azimut, la medición podrá ser efectuada con estación total. Y cuando la distancia sea superior a la anterior, la medición deberá ser efectuada exclusivamente mediante GNSS con procesamiento diferencial, debiéndose adjuntar en la entrega los archivos procesados en formato RINEX.

Para los relevamientos realizados ya sea con instrumental convencional y/o mediante GNSS, las coordenadas planas se presentarán en el Sistema de Proyección Gauss-Krüger, apoyadas en el marco de referencia POSGAR98. Profundizando en los casos que interesan para este trabajo (predios rurales) se agrega que las coordenadas planas Gauss-Krüger se referirán a la faja N°3 en todo el territorio de la provincia, o en su defecto por sus coordenadas geodésicas. En cambio para el caso de un plano de loteo y/o urbanizaciones se referirán a la faja que corresponda. (Ver Anexo 3 - Resolución)

Los planos de mensura son presentados en forma digital, y son ingresados en la oficina de registro a un sistema de información geográfica, donde se calculan los deslindes y superficies del predio. En la comunicación no se aclaró cómo se hace en detalle este cálculo ni qué sistema de información geográfica es utilizado.

▪ TUCUMÁN

En el caso de esta provincia no se obtuvo ningún contacto vía mail, pero se encontró información útil en el sitio web de la *Dirección General de Catastro* (DGC).

En la Resolución N°1240/2008 en su primer artículo, se resuelve disponer “la georreferenciación de toda documentación técnica cuya registración se tramite ante la Dirección General de Catastro, para la Constitución del Estado Parcelario y/o verificación de su subsistencia”. En el segundo artículo se establece que se fijen “como puntos de control para la vinculación, los puntos de las redes de la Dirección General de Catastro, del Instituto Geográfico Militar (IGM), las Estaciones Permanentes GPS y todos aquellos puntos debidamente homologados por la Dirección General de Catastro, cuyas coordenadas estén referidas al Sistema POSGAR98”. Y en el siguiente artículo, se indica que en toda mensura la georreferenciación deberá realizarse vinculando al menos dos vértices de la propiedad, debiéndose consignar en todos los casos las coordenadas de todos los vértices de los lotes o polígonos generados.

Luego en su sexto artículo dice que si la vinculación es “realizada con receptores GPS, sólo se utilizarán aquellos que puedan generar un archivo con los datos de la medición en formato RINEX, [...]”

En el artículo séptimo se indican pautas para la representación del resultado de la georreferenciación en los planos de mensura, estableciendo que en el plano se incluya la siguiente planilla de coordenadas:

Punto	Coordenadas Geodésicas			Coordenadas Gauss Krüger	
	Latitud	Longitud	h (m)	X	Y
(*)					
1					
2					
3					
(**)					

Marco de referencia: Red Geodésica Provincial (RECAT) vinculada a POSGAR 98.- Faja 3 del IGM (meridiano central 66°).

Por lo que se muestra en la planilla, las coordenadas de los puntos estarán referidas a la Red Geodésica Provincial vinculada al POSGAR98, proyectadas según Gauss-Krüger faja 3 del IGM, hoy Instituto Geográfico Nacional (IGN).

La primera fila de la planilla corresponderá al punto origen de la vinculación, y deberá ser designado según la nomenclatura asignada por la DGC. Las filas numeradas corresponderán a los puntos de la mensura vinculados al punto origen, y en este caso la altura elipsoidal  $h$  será opcional incluirla. Las siguientes filas corresponderán a otros puntos de vinculación.

▪ MENDOZA

Para el caso de Mendoza la primera respuesta se obtuvo de Eduardo Oliván, funcionario del *Área de Cartografía del Departamento de Catastro Físico de la Dirección Provincial de Catastro*. Quien afirmó que para el registro de planos de mensura rural, las coordenadas deben estar presentadas en la faja 2 del sistema de proyección argentino Gauss-Krüger referidas al marco de referencia POSGAR98.

Luego se mantuvo un contacto más extenso con el Agrimensor Horacio Fernández, un profesional mendocino. En su provincia, el territorio a los efectos de la

organización catastral, esta dividido en tres zonas: urbana, rural y secano, entendiéndose por secano a toda la superficie sin derecho de riego, que representa aproximadamente el 90% de la superficie total. Para el caso de las zonas urbanas y rurales existe cartografía georreferenciada, por lo que la manera de vincular la mensura al sistema de referencia es medir linealmente la distancia a una esquina. El Agrimensor Fernández manifestó la incertidumbre que genera esto en el caso de trabajos en zonas rurales, pues no siempre existe un camino cercano al predio en cuestión, y puede ocurrir que la esquina no esté bien definida.

Para el caso de mensuras realizadas a predios de secano, deben vincularse a la red geodésica provincial mediante mediciones GNSS o con métodos tradicionales. En cuanto al sistema de referencia adoptado por la provincia aportó la misma información que E. Oliván.

En relación a la forma de calcular el área de los predios, Fernández comentó que cada profesional decide la mejor forma para realizarlo, es decir que aún no existe unificación de criterios referente al tema.

## ▪ CÓRDOBA

En el caso de la provincia de Córdoba se investigó en primera instancia el material del sitio web de la *Dirección General de Catastro* (DGC). Aquí se halló la *Resolución Normativa Única 01/2011* del 31 de mayo de 2011. En el inciso 16 se encuentran las instrucciones para la confección de planos de mensuras particulares, estableciendo en el punto 16.1.10 la manera de georreferenciar las parcelas rurales: “Todo trabajo de Agrimensura sobre parcelas rurales deberá georreferenciarse indicando las coordenadas planas de por lo menos 3 puntos consecutivos del polígono de la Mensura, en proyección Gauss Krüger referido en faja 4 con meridiano de contacto de 63°, en sistema de referencia POSGAR94 o POSGAR98”.

En este sitio web se encontró también un buzón de consultas. Quien respondió a ellas fue Javier Ginestar, funcionario de la DGC. Sus respuestas se centraron en las tareas que se realizan en esta oficina después de que el profesional registra el plano de mensura. Luego de esto un funcionario gestiona la información de modo de ingresarla en una base de datos de información geográfica, utilizando un sistema de información territorial (SIT) basado en *Oracle Spatial*.

Más adelante surgió la posibilidad de contactar al Ingeniero Agrimensor Juan Carlos García, Jefe del *Área de Cartografía* de la DGC, quien comentó que en su provincia se georreferencian las mensuras con el objeto de ubicar el inmueble, y así independizarse del croquis de ubicación de la misma.

Agregó que los relevamientos en general no los realizan únicamente con equipos GNSS, sino que con ellos hacen el sistema de apoyo, y los vértices del predio son “detalles” relevados con estación total. Al final del trabajo, tres de estos vértices son georreferenciados vinculándolos con los 507 mojones (107 del *Proyecto de Asistencia a la Minería Argentina* y 400 del Instituto Geográfico Nacional) que se encuentran distribuidos homogéneamente en el territorio cordobés con coordenadas referidas al marco de referencia POSGAR94, cumpliendo con la normativa mencionada.

En cuanto a la superficie de los predios representados en los planos de mensura, existen tolerancias a respetar y los agrimensores establecerán su método, ya sea topográfico o “de posición” para calcularla. Entendiéndose por “método de posición” aquel mediante el que se calcula el área de un predio con geometría plana, a partir de las coordenadas de los vértices proyectadas según una proyección cartográfica local utilizando un “meridiano forzado” de contacto en el lugar del trabajo.

▪ RÍO NEGRO

En esta provincia no se obtuvo contacto alguno vía correo electrónico, por lo que se investigó en la página web de la *Dirección General de Catastro e Información Territorial* (DGCEIT) la existencia de alguna ley o norma que regule la temática.

En el artículo N°74 de la *Reglamentación Provincial de Mensuras* (Decreto N°1220/02) se insta que el profesional que realice un plano de mensura utilice la proyección Gauss-Krüger y que en los casos que las dimensiones sobrepasen las tolerancias establecidas, por efecto de la curvatura terrestre, se realicen correcciones por deformación al proyectar. Además establece un sistema de ejes correspondiente a la Red Catastral, para calcular las coordenadas de los vértices del predio a mensurar.

Además en las *Normas Particulares para la confección de Planos de Mensuras y Diligenciamiento de Expedientes ante la DGCEIT* del año 2005 (Resolución N°047/05) se especifica cómo realizar la georreferenciación de los predios rurales.

En el caso que exista algún punto fijo de la red a menos de 10km del predio, este será vinculado a la red y sino se procederá a realizar la vinculación a otros puntos indicados en las *Instrucciones Especiales de Mensura*. Estas instrucciones se solicitan en la DGCEIT antes de realizar las tareas de campo. Por este motivo es que algunas parcelas tendrán sus coordenadas en el Sistema POSGAR, y otras dependerán de las instrucciones de mensura otorgadas por la DGCEIT.

▪ SANTA FE

El Ingeniero Raúl Diburzi, del *Servicio de Catastro e Información Territorial* (SCIT), fue quien respondió a la consulta realizada en Santa Fe, puntualizando que en esta provincia se utiliza la proyección conforme Gauss-Krüger con el sistema de referencia POSGAR.

Además en el sitio del SCIT se halló la Resolución N°144/07 del 6 de diciembre de 2007, donde se indica, en su artículo primero, en qué casos se deberá georreferenciar la mensura, dependiendo de la extensión y de la valuación fiscal del inmueble. Además se incluye en el artículo N°6, la planilla resultado de la georreferenciación que debe incorporarse cuando sea necesario en los planos de mensura:

Punto	Coordenadas Geodésicas		
	Latitud	Longitud	h (m)
**			
A			
B			
C			
...			

Marco de referencia: Red Geodésica Provincial vinculada a POSGAR 94.  
 h: Altura Elipsoidal  
 (\*\*) Punto origen de la vinculación

A, B y C representan la designación de puntos pertenecientes a la mensura vinculados al punto (\*\*). El valor de la altura elipsoidal es opcional para los puntos vinculados. En mensuras de inmuebles en zona rural, las coordenadas geodésicas de todos los vértices de todos los polígonos de la mensura deberán ser consignadas en la planilla anterior.

Más adelante, en el artículo N°8 de esta Resolución, se establece que el profesional entregará al SCIT un archivo digital de datos crudos en formato RINEX, de los datos de observación de los vectores que vinculan el inmueble a la red geodésica

provincial. Al menos dos puntos deben pertenecer al polígono de la mensura o a líneas auxiliares al mismo.

En el sitio web del Gobierno de Santa Fe se encontró la *Norma Cartográfica de la Provincia de Santa Fe* de diciembre de 2004, que surge de un convenio entre el SCIT y la *Universidad Nacional del Litoral*, y tiene como fin regular la confección y publicación de la cartografía oficial y privada de la provincia. La norma ratifica que el Marco de Referencia Geodésico es POSGAR94 y agrega a lo dicho por el Ingeniero Diburzi, que la proyección tendrá como meridiano de contacto el de longitud 60°W correspondiente a la faja 5, extendida para abarcar todo el territorio provincial en una sola faja.

## VENEZUELA

Además de establecer contacto con el Ingeniero Reinaldo Mauriello, Director de la empresa privada *Topografía Galileo*, se consiguió información en la página web del *Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar* (IGVSB).

El Ingeniero Mauriello nos facilitó la *Ley de Geografía, Cartografía y Catastro Nacional* de marzo de 2000, que tiene entre otros objetivos ejecutar y coordinar políticas y planes relativos a la geografía y cartografía, además de la conservación del catastro en todo el territorio venezolano. En su artículo N°11 indica que “toda persona que realice levantamientos geodésicos o topográficos los referirá al Sistema Geodésico Nacional, de acuerdo a las normas técnicas establecidas por el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar”. Siendo este, según el artículo N°45 de la ley, “el ente rector de la actividad geográfica, cartográfica y de catastro del Estado”.

En el segundo párrafo del artículo N°29 se establece que “los planos de mensura estarán referidos al Sistema Geodésico Nacional y serán elaborados por profesionales o técnicos en la materia”. Y el siguiente artículo, acordemente al onceavo, indica que “los mapas catastrales se elaborarán conforme a la normativa técnica establecida por el IGVSB”.

Las normas técnicas se encuentran instauradas en el documento de nombre *Normas para referir los levantamientos Geodésicos y Topográficos al Sistema Geodésico Nacional* que se halló en la página web de la Gerencia General de Cartografía del IGVSB. En el apartado N°1 se define el Sistema Geodésico Nacional “como el conjunto de parámetros físicos y geométricos que definen el marco de referencia fundamental para los trabajos geodésicos y cartográficos”. Como marco geodésico de referencia se adopta la Red Geocéntrica Venezolana (REGVEN), definida como el “conjunto de vértices situados sobre el terreno, dentro del territorio nacional, representados físicamente por medio de monumentos permanentes o marcas geodésicas y cuya posición en la época adoptada es conocida con mucha exactitud”. REGVEN esta referida al ITRF94, época 1995.4 y tiene como elipsoide asociado el GRS80.

En el tercer apartado se menciona que la vinculación a la REGVEN se podrá realizar utilizando técnicas convencionales o modernas, según la exactitud requerida en el trabajo.

Y el cuarto apartado indica que las coordenadas finales de los levantamientos geodésicos o topográficos deberán estar expresadas en geodésicas y según la proyección UTM.

Según el Ingeniero el cálculo del área de las parcelas se realiza con geometría plana a partir de las coordenadas UTM, y comenta en uno de sus correos electrónicos, que se ha avanzado muy poco sobre esta temática en su país.

Más adelante se estableció contacto con el Ingeniero Leonardo Ruiz, quien brindó información totalmente coherente con la del contacto anterior.

## REPÚBLICA DOMINICANA

Al contactarse al Ingeniero mendocino Horacio Fernández para consultarle sobre la situación de su provincia, este señaló conocer la situación de la República Dominicana, por haber trabajado como Consultor en la *Jurisdicción Inmobiliaria* desde 2008 hasta marzo de 2011. Describió que en este país se ha realizado una modernización del sistema inmobiliario y registral, al surgir un cambio en el registro parcelario, principalmente por la obligatoriedad de georreferenciar las parcelas que son objeto de mensura. Para esto se dictó una nueva ley y se realizó una aplicación de SIG (*ArcGIS*) para automatizar el control espacial, que se complementa con una revisión de los documentos que cada operación parcelaria debe cumplimentar.

El sistema de referencia utilizado en este país es el ITRF00 y cuenta con una red de estaciones permanentes que materializan el sistema. La proyección cartográfica utilizada es la UTM, zona 19N.

Sobre el cálculo del área comentó que se realiza igual que en Mendoza, cada profesional decide la mejor manera según sus criterios.

El Ingeniero Fernández recomendó visitar el sitio web oficial de la Jurisdicción Inmobiliaria, donde se encontró el *Reglamento General de Mensuras Catastrales* (Resolución N°628/2009). En el artículo N°100 se define el término georreferenciación como el “conjunto de operaciones técnicas destinadas a vincular de manera biunívoca, un punto cualquiera de la superficie terrestre con un marco de referencia convencional”, y establece que “las parcelas objeto de actos de levantamiento parcelario deben ser georreferenciadas”. Se aclara que “una parcela esta georreferenciada cuando se calculan todas las coordenadas proyectivas generales de sus vértices”. Además para los fines de este reglamento, “el sistema de referencia es materializado por la red de estaciones permanentes de la Jurisdicción Inmobiliaria” y “la Dirección Nacional de Mensuras Catastrales determina el elipsoide asociado y puede modificar el valor de las coordenadas de estas estaciones y los parámetros del elipsoide cuando medien razones técnicas”.

El artículo N°101 dice que al georreferenciar los puntos se determinarán sus coordenadas geodésicas en el sistema de referencia adoptado. “Asimismo, se calculan las correspondientes coordenadas proyectivas en el sistema Mercator Transverso Universal (UTM) zona 19 o el que en un futuro adopte La Dirección Nacional de Mensuras Catastrales”. Y agrega que “la determinación *directa* de las coordenadas geodésicas se realiza con receptores satelitales (mediciones GPS) u otro instrumento tecnológico apto para estos fines, [...]”. Y “la determinación *indirecta* de las coordenadas proyectivas se realiza vinculando geoméricamente, por procedimientos topográficos o geodésicos tradicionales, el punto a georreferenciar con otros previamente georreferenciados por procedimientos *directos*, de los cuales se han calculado las coordenadas proyectivas. No se admite la vinculación a puntos que no han sido georreferenciados *directamente*”.

Luego en el artículo N°103 se establece que cuando se usa el método *indirecto*, las coordenadas de los vértices se calculan a partir de al menos un punto de partida y una marca de azimut georreferenciados *directamente*. Dichos puntos deben estar ubicados de manera tal que aseguren una precisión angular suficiente para calcular las coordenadas de los vértices del predio cumpliendo con las tolerancias establecidas, si esto no es posible se deberá georreferenciar *directamente* tantos puntos como sea necesario para evitar errores que escapen del límite de las tolerancias.

Las medidas obtenidas en el terreno, según el artículo N°108, deben ser “compensadas por métodos topográficos o geodésicos según sea la extensión del terreno”. El proceso de cálculo para esto puede ser con la asistencia de un software especializado o con el método que el agrimensor considere conveniente, siendo él responsable de la exactitud de los cálculos realizados.

En todos los planos de mensura se deberá colocar “el signo indicativo de la posición del plano meridiano en la dirección que corresponda, debiendo consignarse el ángulo que forma con el norte de la cuadrícula, dibujando el diagrama de inclinación”, según lo indica el artículo N°129.

## COSTA RICA

En el caso de Costa Rica no se logró contacto con oficinas estatales ni con alguien involucrado en el asunto, por lo que se investigó sobre la existencia de alguna norma que se refiera al tema en estudio.

Indagando en Internet se encontró el sitio web *Programa Regularización de Catastro y Registros*, donde se halló el Decreto N°33797 del 30 de marzo de 2007, siendo el que establece un nuevo marco de referencia para el país y crea un nuevo sistema de coordenadas horizontales.

En el primer artículo del decreto antes mencionado se declara como datum horizontal oficial para Costa Rica el CR05, enlazado al Marco Internacional de Referencia Terrestre ITRF00 para la época 2005.83, asociado al elipsoide WGS84. Este datum está materializado por la Red Geodésica Nacional de Referencia Horizontal CR05 de primer orden y su densificación de segundo orden.

El siguiente artículo 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 longitud 84°W, paralelo central 0°, coordenada norte del origen 0 metros, coordenada este del origen 500.000 metros, proyectada con un factor de escala de 0.9999 válida para todo el país”.

Luego en el artículo N°5 se decreta que el Instituto Geográfico Nacional y el Catastro Nacional, utilizarán la Red Geodésica CR05, en sus labores ordinarias, logrando así que la información cartográfica básica y la catastral, y los datos geográficos en general deberán referirse al sistema de proyección cartográfica CRTM05.

Según el noveno artículo, las mediciones para vincularse al CR05 y la CRTM05, se podrán realizar aplicando métodos tradicionales como satelitales.

El artículo N°11 constituye como único sistema oficial de coordenadas para el país la red CR05 y el CRTM05, a partir de la que se debe referenciar todos los levantamientos, actividades cartográficas y geodésicas que se desarrollen en el territorio nacional.

## GUATEMALA

En el caso de este país centroamericano se analizó información encontrada en el sitio web del *Organismo Judicial de la República de Guatemala*, donde se halló un vínculo al *Centro Nacional de Análisis y Documentación Judicial* (CENADOJ).

Dentro del portal del CENADOJ, se accedió a una base de datos en línea que contiene leyes publicadas en el Diario de Centro América, así como nuevas leyes emitidas por el Congreso de la República y sus modificaciones. Aquí se encontró la *Ley del Registro de Información Catastral* (Decreto N°41/2005) donde se crea el

*Registro de Información Catastral (RIC)*, que actúa en coordinación con el Registro General de la Propiedad, y cuyo objeto es establecer, mantener y actualizar el catastro nacional.

En su artículo N°23 se define entre otras cosas *área* como: “extensión en proyección plana de un predio, expresada de conformidad con el sistema métrico decimal”, y a los *datos territoriales de una finca* como: “orientación cardinal, sus esquineros o vértices determinados en un sistema de coordenadas, su forma geométrica, la longitud de sus linderos y la extensión superficial”. También se define *polígono catastral*: “figura formada por una línea poligonal cerrada, cuyos vértices están ligados a la red geodésica nacional, y su función es la de facilitar el levantamiento catastral”.

También en Internet, se descubrieron varios textos relacionados al cambio que produciría el RIC en Guatemala, pues antes de esta ley existía un gran “desorden” sobre los temas catastrales del país, desorden que podría llegar a solucionarse con el cambio de “mentalidad” que traería aparejado el RIC.

Por ejemplo en el texto llamado *El Catastro Territorial en República de Guatemala* se describe que en 1999 el Consejo Técnico del Instituto Geográfico Nacional (IGN) definió una nueva proyección cartográfica denominada Guatemala Transverse Mercator (GTM), que pasa a ser utilizada en todos los trabajos catastrales.

Además se encontró en la página web del RIC el *Manual de Normas Técnicas y Procedimientos Catastrales del RIC* aprobada por el Consejo Directivo del RIC de Guatemala el 18 de julio de 2008, según Resolución N°089-001-2008.

En la presentación de este manual se describe su objetivo como el de “contar con un instrumento metodológico que permita ejecutar de manera holística el proceso de operaciones técnico-jurídicas de la institución y homogeneizar la forma de desarrollar las distintas fases del proceso catastral”.

Según estas normas se definirá como sistema de referencia geodésico oficial de la República de Guatemala, el adoptado por el IGN, que tiene las siguientes características: “WGS84 aumentado basado en ITRF94 época 1997.5”. Conjuntamente se especifica la proyección cartográfica del RIC siendo esta la ya nombrada GTM, cuyas características son: “proyección: Transversa de Mercator (tipo Gauss Krüger) en una zona única local. Esferoide: WGS84. Longitud de origen: 90°30’W (meridiano central de la proyección). Latitud origen: 0°. Unidades: metros. Falso Norte: 0 metros. Falso Este: 500.000 metros en el meridiano central. Factor de escala en el meridiano central: 0.9998 [...]”.

Para cumplir con esta norma se diseñó una Red de Apoyo Catastral (RAC) determinada por vértices distribuidos uniformemente en el territorio, de modo de referenciar los trabajos catastrales según esta red.

## ESPAÑA

El contacto en este país ibérico se mantuvo con el Doctor Francisco Javier Ariza López, Catedrático del *Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría* de la *Universidad de Jaén*.

El Doctor Ariza destacó que básicamente todo lo concerniente a la medición del terreno se resuelve con ortofotos, y que los trabajos catastrales lo realiza la administración, no los profesionales en su ejercicio libre.

La proyección cartográfica utilizada es UTM, “ya sea en el sistema de referencia tradicional (ED50 con datum en Postdam) o sobre WGS84”. En estos momentos España se encuentra en época de cambio, pasando del ED50 (*European Datum 1950*)

al ETRS89 (*European Terrestrial Reference System 1989*), ya que mediante el Real Decreto 1071/2007 del 27 de julio de 2007, según su artículo N°3, se adopta este como nuevo sistema de referencia geodésico oficial del país “para la referenciación geográfica y cartográfica en el ámbito de la Península Ibérica y las Islas Baleares. En el caso de las Islas Canarias, se adopta el sistema REGCAN95. Ambos sistemas tienen asociado el elipsoide GRS80 y están materializados por el marco que define la Red Geodésica Nacional por Técnicas Especiales (REGENTE) y sus densificaciones”.

## ESTADOS UNIDOS

En este país se contactó a Robert Casias, Jefe de *Cadastral Survey* del *Bureau of Land Management* (BLM) del *U.S. Department of Interior* (USDI), para los estados de Nuevo México, Kansas, Oklahoma y Texas. Además del contacto se profundizó sobre los diferentes sistemas de coordenadas que se utilizan en el país.

Debido al advenimiento de los sistemas de navegación satelital, en estos estados solo se utilizan métodos tradicionales de relevamiento en el caso que la recepción de los equipos GNSS sea pobre a causa de vegetación densa u obstáculos, o porque el trabajo a realizar no abarque grandes extensiones de tierra.

Se utilizan tres sistemas de coordenadas según el propósito del trabajo que se este realizando. Uno de estos es el sistema internacional UTM que se utiliza para el caso de presentación de datos cartográficos y de mapeo nacional. Los restantes son el “Sistema de Relevamiento de Tierras Públicas” (PLSS, del inglés *Public Land Survey System*) y los conocidos como Sistemas de Coordenadas Planos Estatales (SPCS, del inglés *State Plane Coordinate System*).

El PLSS es utilizado para subdividir y describir el suelo de gran parte de los estados del país. Se conoce con esa sigla tanto al conjunto de normas para llevar a cabo los trabajos como a la grilla mediante la que se ubican las tierras. Todas las tierras de dominio público están sujetas a ser divididas por este sistema rectangular de relevamientos, que es regulado por el BLM del USDI, y pertenecen al Gobierno Federal. Desde que los relevamientos para el PLSS fueron finalizados, mucha de esta tierra ha pasado a manos de privados. En algunos sitios el PLSS se ha extendido a zonas de dominio no público, manteniendo cierta similitud en las reglas de división.

En general el PLSS divide a la tierra en cuadrantes de 6 millas de lado y son conocidos como “townships”. Cada uno es dividido en 36 cuadrantes de 1 milla de lado. Estos a su vez, pueden ser divididos en 4 secciones que son nombradas como “quarter sections” y ellas en 4 secciones más de nombre “quarter quarter sections” o en lotes de forma irregular pertenecientes al gobierno. Existen mojones o monumentos que materializan las esquinas de las “quarter sections” y puntos de cierta relevancia, como lo son los vértices de los lotes de forma irregular.

El SPCS es el nombre que se le da al conjunto de sistemas de proyecciones conformes locales utilizados en cada estado independientemente. Fue desarrollado por el *United States Coast and Geodetic Survey* (USC&GS) hoy denominada Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, del inglés *National Oceanic and Atmospheric Administration*). Es utilizado para aplicaciones de ingeniería y relevamientos catastrales de pequeña extensión, pero si es necesario sobrepasar límites estatales la incompatibilidad de los sistemas locales es total.

La grilla del SPCS tiene ciertas similitudes con la de la proyección UTM en cuanto a que se trata de una grilla plana con coordenadas Este y Norte siempre positivas, la diferencia radica en que el origen es local y arbitrario para cada estado. Además se debe tener en cuenta que cada estado puede tener varios orígenes, pues según su extensión, la proyección utilizada genera o no deformaciones apreciables.

Qué proyección se utilizará en cada estado dependerá además de la orientación del mismo. Las tres proyecciones utilizadas son la Cónica Conforme de Lambert (p.ej. en Tennessee y Kentucky, estados con extensión en sentido Este-Oeste), la Transversa de Mercator (p.ej. en Illinois y Vermont, estados con extensión Sur-Norte), y la Oblicua de Mercator (p.ej. la zona 1 de las 10 que posee Alaska, que se extiende en el sentido Sureste-Noroeste).

El SPCS originalmente utilizaba el sistema británico de medida y estaba basado en el Dátum Norteamericano de 1927 (NAD27). Con el paso del tiempo varios estados han emigrado al NAD83, y cambiado su sistema de medida al Sistema Internacional.

Según lo desarrollado por Robert Casias, las parcelas que estén incluidas en el PLSS son relevadas con GPS y representadas una vez realizados los cálculos geodésicos en este sistema. Los agrimensores en el ámbito privado para relevamientos de menor porte utilizan técnicas de medición tradicionales y se refieren al SPCS que corresponda. Una vez en el gabinete obtienen coordenadas tridimensionales del trabajo, basados en la elevación promedio de la zona del trabajo. Uno de los motivos por el que se generaron estos sistemas locales fue el de brindarles la posibilidad a los profesionales de intercambiar información de sus mediciones sin la necesidad de invertir en costosos softwares de información geográfica.

## SUECIA

Se contactó al Señor Tommy Börje Österberg, Asesor Técnico Principal de *Lantmäteriet* (en inglés *National Land Survey*), quien alrededor de 1990 visitó la República Oriental del Uruguay y compartió más de un mes de trabajo con José Luis Niederer, Director de la *Dirección Nacional de Catastro*.

En este país nórdico se utiliza la proyección Transversa de Mercator para presentar los planos en el registro catastral. El territorio se divide en husos angostos de forma tal que los meridianos centrales difieran 1°30' entre ellos. "Dentro de estas zonas generadas con la proyección, los cálculos de tamaño y forma de los predios son realizados con geometría plana. El factor de deformación es menor a 50ppm y el error producido en el área es menor a un metro cuadrado", por lo que no es necesario utilizar factores de escala ya que estos valores son suficientes para predios rurales.

Tras consultar sobre normas legales que regularan este asunto, Österberg señaló que "los reglamentos son internos para *Lantmäteriet*, Autoridad del Registro de Tierras, Catastro y del Mapeo Sueco. Otras oficinas son libres en principio de utilizar el procedimiento que prefieran, pero desde que basan la mayoría de sus aplicaciones en la información de *Lantmäteriet* y como además se han realizado varios acuerdos con esta Organización para actualizar la Base de Datos Geográficos Sueca, están utilizando los mismos procedimientos".

Por lo tanto, en Suecia no existe una Ley a nivel nacional que establezca una regulación sobre esta temática, sino que se acompañan los criterios de *Lantmäteriet*, ya que esta Organización abarca casi la totalidad de los trabajos del rubro. Los reglamentos internos se encuentran disponibles únicamente en sueco, lo que, en el caso de acceder a ellos, dificultaría mucho la interpretación.

Finalizando la investigación en estos países, admitiendo falencias en la traducción de la información y de los contactos realizados con países de otra lengua, se puede observar que en casi la totalidad de ellos existe una única proyección cartográfica y un único marco de referencia, según la que se representa y según al que se refiere el predio mensurado. Es interesante resaltar que en sólo dos de los lugares consultados (México y en el estado Victoria de Australia) se utiliza factores de

deformación para corregir las deformaciones producidas al proyectar el predio mensurado.

Según lo investigado en algunos sitios se manifestó que el factor de escala para la proyección utilizada no era menester considerarlo, como es el caso de Suecia. Por otro lado, algunos de los contactos denunciaron la falta de estudio en su país o provincia como motivo de la no consideración de factores de deformación, como ocurrió en Venezuela y Mendoza, Argentina.

La mayoría de las personas consultadas admiten que es vital para el catastro definir criterios únicos para establecer un único sistema, una proyección cartográfica asociada y si fuese necesario, factores de corrección para corregir deformaciones producidas al proyectar.

## URUGUAY

Por ser este el país donde se enmarca la investigación, es que se profundiza en las características del sistema catastral uruguayo. Para esto se utilizó la información presentada en el sitio web de la *Dirección Nacional de Catastro* (DNC) y en los apuntes del curso de Catastro del Ing. Agrim. José Luís Niederer.

El catastro uruguayo es *geométrico* por su ejecución, *demostrativo* por sus efectos en el Derecho Civil, de *ejecución mixta* por sus ejecutantes profesionales externos e internos a la Oficina, y *físico, jurídico y económico* por sus aspectos incluidos. Se considera también que posee una tendencia a ser *multifinalitario*.

La información referida a cada inmueble esta identificada en un documento cartográfico compuesto por datos alfanuméricos asociados, de allí el carácter *geométrico*. Por el hecho de que la información catastral se presume cierta y válida hasta que sea demostrado lo contrario, se caracteriza al catastro uruguayo como *demostrativo*. Es *físico* pues recopila y ordena las características físicas intrínsecas y extrínsecas de cada unidad inmueble, *jurídico* pues contiene información sobre los titulares de los derechos reales de cada unidad inmobiliaria y *económico*, por contener información sobre las características de cada bien necesarias para la determinación de su valor. Y por contener información multivariada y multitemática con el objeto de servir de base en distintas aplicaciones, se sostiene que el catastro uruguayo tiende a ser *multifinalitario*.

En Uruguay existe el Decreto N°318/95 del 9 de agosto de 1995 y la Resolución N°24/96 del 9 de mayo de 1996, siendo las únicas normas que regulan el cotejo y registro en general de planos de mensura. Estas normas deberían incluir regulaciones sobre la temática que se esta abordando, pero no incluyen exigencias por ejemplo sobre sistemas de referencia, proyecciones cartográficas, ni factores de escala a utilizar por deformaciones producidas al proyectar.

En la página web de la DNC se encuentra una introducción previa al Decreto N°318/95. En ella se mantiene que la transformación del Catastro apunta a orientarlo a ser un sistema de información georreferenciada y básica para el planeamiento, priorizándose los documentos técnicos sobre los que se apoya y de los que alimenta su información geométrica.

El sistema catastral uruguayo pretende la realización de los planos de mensura por parte de profesionales de la Agrimensura como actividad particular. Estos contribuyen gratuitamente durante toda su vida profesional a la actualización de la base de datos catastral. Esta característica ha brindado inmejorables frutos a la organización.

El Decreto destaca al plano de mensura como documento “gráfico sistemático básico” del Catastro, fundamental para la correcta identificación parcelaria,

garantizando la seguridad en la tramitación inmobiliaria por la correcta definición del predio, además de funcionar como cimiento de la información parcelaria. Por lo tanto, es acertado considerarlo como elemento primordial para el catastro, e imponerle ciertas formalidades y garantías como documento técnico establecidas por diferentes normas para su confección.

En lo que refiere a la orientación y ubicación de los predios rurales mensurados, en el decreto se encuentran dos artículos, el N°42 y N°43. En el primero se establece que “el gráfico se ubicará de tal modo que el rumbo Norte de la traza de la meridiana que se debe dibujar, se encuentre en el primer o segundo cuadrante trigonométrico [...]”. Y en el otro se solicita entre otras cosas que “en las mensuras rurales se incluirá croquis de ubicación a escala conveniente. Si el predio es frentista o lo cruzan caminos, se indicará su calificación, ancho y nombre oficial o por el cual sean conocidos, indicándose un destino en cada sentido”.

Luego el artículo N°47 rige, entre otros asuntos, que “en los predios rurales se incluirá planilla con las coordenadas cartesianas ortogonales en sistema local, de todos los vértices del predio y de la poligonal de relevamiento de límites naturales. Podrá incluirse (sustituyendo la planilla de elementos de relevamiento del límite natural), una planilla con las coordenadas que lo definen”.

Y en la resolución en su inciso D agrega al artículo N°14 del decreto lo siguiente: “En relación a las normas técnicas de tolerancia que se aluden en ocasión del cotejo del plano, las mismas serán elaboradas por esta Dirección General.

Mientras no se establezcan dichas normas con carácter general, los funcionarios encargados del cotejo, sólo advertirán a los técnicos operantes de las discrepancias con los datos que se dispongan, en caso de discrepancias superiores a las siguientes:

- para las medidas de los lados del predio: 2%
  - para las medidas de los lados que terminan en un límite natural: 5%
  - para el área del predio: 5%
  - cuando existan discrepancias de forma (dientes, ángulos, etc.)
- [...].”

## MARCO TEÓRICO

### GEODESIA:

“El objeto de la Geodesia es el estudio y determinación de la forma y dimensiones de la Tierra, de su campo de gravedad, y sus variaciones temporales; constituye un apartado especialmente importante la determinación de posiciones de puntos de su superficie. Esta definición incluye la orientación de la Tierra en el espacio”.

“INTRODUCCIÓN HISTÓRICA A LA GEODESIA”, Miguel J. Sevilla de Lerma, España.

“La geodesia, ciencia que tiene como fin principal la determinación de la figura de la Tierra, el posicionamiento de puntos sobre la superficie física terrestre y el estudio del campo de la gravedad externo del planeta”.

“Fundamentos de Geodesia Física”, Alberto Benavidez Sosa, Uruguay.

“De acuerdo con la definición clásica de Friedrich Robert Helmert (1880), “geodesia ( $\gamma\eta$  = earth,  $\delta\alpha\iota\omega$  = I divide) es la ciencia de la medición y mapeo de la superficie de la Tierra”. La definición de Helmert es fundamental para la geodesia hasta en estos días. La superficie de la Tierra, para grandes extensiones, está determinada por la gravedad terrestre, y la mayoría de las observaciones geodésicas están referidas al campo gravedad terrestre. Consecuentemente, la definición anterior incluye la determinación del campo de gravedad externo terrestre. El enfoque original de la geodesia se ha expandido incluyendo aplicaciones en exploraciones oceánicas y espaciales. Por ejemplo, Geodesia, en colaboración con otras ciencias, ahora incluyen la determinación del lecho marítimo y las superficies y campos de gravedad de otros cuerpos celestes, como la luna y los planetas. Finalmente, la definición clásica debe ser extendida para incluir variaciones temporales de la superficie terrestre y de su campo de gravedad.

Con esta definición extendida, la geodesia es parte de las geociencias y de las ciencias de la ingeniería, incluso de la navegación y la geomática. La geodesia se puede dividir en geodesia global, relevamientos geodésicos y relevamientos planos. La geodesia global incluye la determinación de la forma y tamaño de la Tierra, su orientación y su campo de gravedad externo. Un relevamiento geodésico es para la determinación de la superficie terrestre y su campo de gravedad sobre una región que normalmente abarca un país o grupo de países. La curvatura terrestre y el campo de gravedad deben ser considerados en relevamientos geodésicos. En relevamientos planos (relevamientos topográficos, relevamientos catastrales, relevamientos de ingeniería) los detalles de la superficie terrestre son determinados a nivel local, y así los efectos de la curvatura y de la gravedad son generalmente ignorados.

Existe una estrecha relación entre la geodesia global, relevamiento geodésico y relevamiento plano. Los relevamientos geodésicos están vinculados al marco de referencia (redes) establecido por la geodesia global; estos relevamientos adoptan los parámetros globales para la figura de la Tierra y su campo de gravedad. Por otro lado, el resultado de los relevamientos geodésicos contribuye al trabajo de todos los geodestas. Los relevamientos planos, a su vez, están generalmente referenciados a puntos de control establecidos mediante relevamientos geodésicos. Relevamientos planos son usados ampliamente en el desarrollo de mapas estatales y nacionales, sistemas de información catastral y en proyectos de ingeniería civil. La medida y los métodos de evaluación de datos usados en relevamientos geodésicos nacionales son usualmente similares a aquellos utilizados en trabajos de geodesia global. Por ejemplo, los métodos espaciales han sido una técnica dominante en geodesia global y son hoy en día comúnmente utilizados en relevamientos regionales y locales. Esto requiere un conocimiento más detallado del campo de gravedad a escalas regionales y locales.

Basado en lo anterior el problema de la geodesia se describe de la siguiente manera:

El problema de la geodesia es determinar la figura y el campo externo gravitatorio de la Tierra y de otros cuerpos celestes en función del tiempo, a partir de observaciones sobre y en el exterior de la superficie de estos cuerpos”.

*Extraído de la introducción del Libro “Geodesy”, Wolfgang Torge, Alemania.*

#### TOPOGRAFÍA:

“La topografía es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la Tierra, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales”.

*Extraído del material teórico del Instituto de Agrimensura.*

“Es la ciencia y la técnica de realizar mediciones de ángulos y distancias en extensiones de terreno lo suficientemente reducidas como para poder desprestigiar el efecto de la curvatura terrestre, para después procesarlas y obtener así coordenadas de puntos, direcciones, elevaciones, áreas o volúmenes, en forma gráfica y/o numérica, según los requerimientos del trabajo”.

*“INTRODUCCIÓN A LA TOPOGRAFÍA”, Luis Jauregui, Venezuela.*

#### CARTOGRAFÍA:

“Es la ciencia que estudia la representación plana del total de la superficie curva de la Tierra o parte de ella”.

*“CARTOGRAFÍA MATEMÁTICA”, Prof. Ing. Antonio L. D’Alvia, Argentina.*

#### SISTEMAS DE REFERENCIA:

Definición de constantes, modelos, parámetros, etc., que sirven como base para la representación de la geometría de la superficie terrestre y su variación en el tiempo.

*Material Escuela SIRGAS 2011, Hermann Drewes, Alemania.*

#### SUPERFICIES DE REFERENCIA:

Son las superficies a las que se puede referir un modelo de la realidad, son ejemplos de estas el geoide, el elipsoide, cualquier superficie de nivel equipotencial de la gravedad, un plano perpendicular a la vertical del lugar, etc.

#### GEOIDE:

Superficie equipotencial de la gravedad que coincide con los mares en reposo y que se extiende por debajo de los continentes.

“... superficie equipotencial en el campo de la gravedad terrestre que se toma como cota cero en la determinación de altitudes ortométricas. La materialización aproximada del geoide sería una superficie que envolviera la Tierra y que resultase de la prolongación de la superficie media de los mares a través de los continentes, siendo normal a todas las líneas de fuerza del campo gravitatorio terrestre”.

*“INTRODUCCIÓN HISTÓRICA A LA GEODESIA”, Miguel J. Sevilla de Lerma, España.*

#### ELIPSOIDE:

Superficie matemática que se aproxima a la de la Tierra, definida por una elipse que gira entorno a su eje menor. Los parámetros que la definen son  $a$  = semieje mayor y

$f$  = achatamiento (*flattening*). Existen decenas de elipsoides utilizados a lo largo de la historia. Los más nombrados en este trabajo son: WGS84, Internacional de Hayford y GRS80.

	WGS84	GRS80	Internacional de Hayford
a (m)	6378137	6378137	6378388
$1/f$	298.257223563	298.257222101	297

$1/f$  es el inverso del achatamiento

#### SISTEMA DE COORDENADAS:

“Un sistema de coordenadas es un conjunto de valores y puntos (convenciones) que permiten determinar unívocamente la posición de cualquier punto (P) de un espacio (1D, 2D, 3D, 4D)”. “Los sistemas de coordenadas constituyen los fundamentos matemáticos para la gestión geoespacial”.

*Material Escuela SIRGAS 2011, William Martínez, Colombia.*

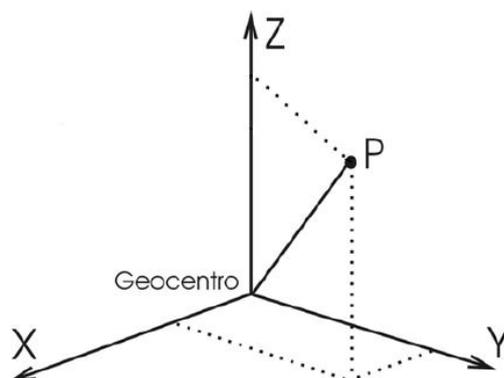
#### SISTEMA DE COORDENADAS CARTESIANAS GEOCÉNTRICAS:

Este sistema es fijo a la Tierra, es decir que rota con ella, y se define de la siguiente manera:

- su origen es el centro de masas del planeta (geocentro), incluyendo la atmósfera y la hidrosfera.
- su eje Z apunta hacia el polo convencional terrestre medio y coincide con el eje de rotación
- el plano ecuatorial medio es perpendicular a Z y contiene los ejes X e Y.

Cabe destacar que este no depende de la figura del elipsoide, y además estas coordenadas son las empleadas inicialmente por los equipos GNSS.

*Material Escuela SIRGAS 2011, William Martínez, Colombia.*



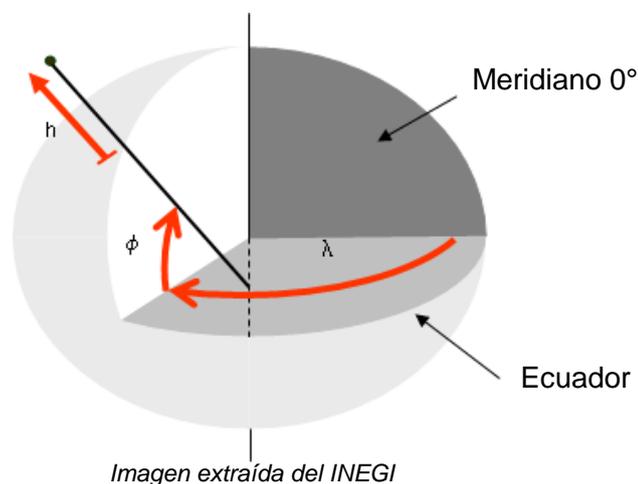
#### SISTEMA DE COORDENADAS GEODÉSICAS:

El sistema de coordenadas geodésicas se define mediante la latitud ( $\phi$ ) y la longitud ( $\lambda$ ) elipsoidales o geodésicas.

La latitud  $\phi$  de un punto es el ángulo formado por la normal al elipsoide que pasa por el punto con el Ecuador del elipsoide. Es positiva hacia el Norte y negativa hacia el Sur y varía entre 90°S y 90°N.

Y la longitud  $\lambda$  de un punto es el ángulo rectilíneo del diedro determinado por el plano que contiene al meridiano  $0^\circ$  y el plano que contiene el meridiano del punto. Es positiva en el sentido Este y varía entre  $180^\circ W$  y  $180^\circ E$ .

Con estas coordenadas se puede ubicar los puntos sobre la superficie del elipsoide, ahora bien, con el atributo altura elipsoidal  $h$ , se puede ubicar todos los puntos del espacio ya que es la distancia entre el punto de medición y el elipsoide de referencia medida sobre la normal.



Es importante aclarar que la altura elipsoidal no se puede medir, dado que el elipsoide es una figura geométrica definida por convención. Esta altura se calcula a partir de las coordenadas tridimensionales X, Y, Z (medibles con sistemas GNSS) y los parámetros del elipsoide de referencia (por ejemplo, el semieje mayor y la excentricidad).

*Material Escuela SIRGAS 2011, Laura Sánchez, Colombia.*

#### DATUM:

“Parámetros que realizan el origen, la orientación y la escala del marco de referencia con respecto a la Tierra”.

*Material Escuela SIRGAS 2011, Hermann Drewes, Alemania.*

“Un datum está compuesto por un elipsoide y un punto fundamental en el que el elipsoide y la Tierra son tangentes. De este se especifica la latitud, longitud y el acimut a un vértice obtenido mediante observaciones astronómicas”.

*Material curso Sistema de Referencia, Profesores Jorge Faure, Danilo Blanco y Magali Martínez, Uruguay.*

#### GEODÉSICA:

Es la curva que une dos puntos sobre una superficie recorriendo la menor distancia posible.

#### TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS:

“Una transformación de coordenadas es un cambio de coordenadas de un sistema de referencia a otro, basados en diferentes datum. Una transformación de coordenadas emplea parámetros que pueden derivarse empíricamente a partir de un conjunto de puntos comunes a ambos sistemas de referencia”.

*Material Escuela SIRGAS 2011, William Martínez, Colombia.*

### TRANSFORMACIÓN DE HELMERT (BURSA-WOLF):

Esta transformación involucra:

- tres parámetros de desplazamiento a lo largo de los ejes
- tres parámetros de rotación alrededor de los ejes
- un factor de escala

La forma matricial de esta transformación se conoce como fórmula de Bursa-Wolf.

Normalmente, los parámetros definen la transformación desde el sistema de partida (S) al sistema de destino (T), siendo  $(X_S, Y_S, Z_S)$  las coordenadas del punto en el sistema de partida y  $(X_T, Y_T, Z_T)$  las coordenadas del punto en el sistema de destino.

$$\begin{bmatrix} X_T \\ Y_T \\ Z_T \end{bmatrix} = M * \begin{bmatrix} 1 & -R_Z & +R_Y \\ +R_Z & 1 & -R_X \\ -R_Y & +R_X & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X_S \\ Y_S \\ Z_S \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{bmatrix}$$

donde,

$(dX, dY, dZ)$ : es el vector de traslación que debe adicionarse a los vectores de posición de los puntos en el sistema de partida, a fin de transformarlos al sistema de destino, así como las coordenadas del origen del sistema de partida.

$(R_X, R_Y, R_Z)$ : son las rotaciones que se deben aplicar al vector de posición de los puntos. La convención de signos establece que una rotación se asume positiva en sentido horario, vista desde el origen del sistema de referencia cartesiano en el sentido positivo del eje. Se requiere expresar los ángulos en radianes.

M: es la corrección que se debe hacer a la escala del vector posición en el sistema de partida a fin de obtener la escala correcta en el sistema de destino.  $M = (1 + d_s * 10^{-6})$ , donde  $d_s$  es la corrección a la escala, expresada en partes por millón.

*Material Escuela SIRGAS 2011, William Martínez, Colombia.*

### TRANSFORMACIÓN DE MOLODENSKY-BADEKAS:

Para eliminar la alta correlación que existe entre las rotaciones y las traslaciones en la obtención de los parámetros para la transformación de Helmert, en lugar de efectuar las rotaciones sobre el origen del sistema de referencia, es posible obtenerlas en uno de los puntos empleados en la determinación. En consecuencia, se requieren tres parámetros adicionales: las coordenadas del punto de rotación.

$$\begin{bmatrix} X_T \\ Y_T \\ Z_T \end{bmatrix} = M * \begin{bmatrix} 1 & +R_Z & -R_Y \\ -R_Z & 1 & +R_X \\ +R_Y & -R_Y & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X_S - X_p \\ Y_S - Y_p \\ Z_S - Z_p \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{bmatrix}$$

donde,

$(dX, dY, dZ)$ : es el vector de traslación adicionado a los vectores posición de los puntos en el sistema de partida. También son las coordenadas del origen del sistema de partida en el sistema de destino.

$(R_X, R_Y, R_Z)$ : son las rotaciones que se deben aplicar al marco de referencia, expresadas en radianes.

$(X_P, Y_P, Z_P)$ : Coordenadas del punto alrededor del cual rota el marco de referencia, dadas en el sistema de partida.

M: es el factor de escala a ser aplicado al vector posición en el sistema de partida a fin de obtener la escala correcta en el sistema de destino, siendo  $M = (1+d_s \cdot 10^{-6})$ , donde  $d_s$  es la corrección de la escala, expresada en partes por millón. El caso de Helmert (7 parámetros), es un caso particular del caso de 10 parámetros, y ocurre cuando el punto de evaluación es el origen del sistema de partida.

*Material Escuela SIRGAS 2011, William Martínez, Colombia.*

#### SISTEMA DE REFERENCIA GEODÉSICO LOCAL:

Es un sistema de referencia cuyo alcance abarca un espacio geográfico o región determinada. Son ejemplo de este el ROU-USAMS uruguayo y el Campo Inchauspe '69 argentino.

*Material curso Sistemas de Referencia, Profesores Jorge Faure, Danilo Blanco y Magali Martínez, Uruguay.*

Un sistema de referencia local queda definido por la elección de un elipsoide de referencia, y un punto origen conocido como punto datum con un acimut de partida. De esta forma se establece su ubicación en relación con la forma física de la tierra, el geode. Específicamente el punto datum es aquel en el que se hace coincidir la normal al elipsoide con la vertical del lugar. Este elipsoide así elegido y posicionado se adapta bien al geode en la zona próxima al punto datum. Creciendo la posibilidad de que a medida que me aleje del punto datum esta adaptación no sea tan buena. Por lo tanto estos sistemas locales tienen un ámbito de aplicación dentro de un país, o una región del mismo.

Los elementos que definen a este sistema son:

- Geometría del elipsoide de referencia (usualmente se tiene el semieje mayor  $a$  y el achatamiento  $f$ ).
- Coordenadas latitud y longitud del punto datum.
- Acimut de origen en el punto Datum orientando el elipsoide.

Estos tipos de sistemas de referencia son definidos en 2D (latitud y longitud, sobre el elipsoide) y los sistemas de referencia para las alturas se establecen según superficies equipotenciales de la gravedad, y en general se trata de que esta superficie sea el geode.

*Parámetros de Transformación entre el Sistema SIRGAS 95 y los Sistemas Locales CDM y ROU-USAMS (Yacaré) del Prof. Ing. Roberto Pérez Rodino, Uruguay.*

#### SISTEMA DE REFERENCIA GEODÉSICO REGIONAL:

Es un sistema de referencia cuyo alcance es una región determinada que incluye varios países. Son ejemplo de esto el SAD69, el NAD83 y el SIRGAS.

El SAD69 es un sistema regional que tiene su punto origen en Chua, Brasil y su elipsoide asociado es el Hayford 1924.

El NAD83 es un sistema regional para América del Norte y América Central, de origen geocéntrico con elipsoide asociado GRS80.

El SIRGAS es un "Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas". Su definición es idéntica a la del Sistema de Referencia Terrestre Internacional (ITRS: *International Terrestrial Reference System*) y su realización es una densificación regional del Marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF: *International Terrestrial Reference Frame*).

### POSGAR (POSiciones Geodésicas ARGentinas):

Con la aparición del GPS, en la República Argentina se observó la necesidad de tener una red de puntos que sea lo más compatible posible con el sistema WGS84, ya que los parámetros de transformación entre el sistema clásico Campo Inchauspe '69 que existía hasta el momento y el WGS84 introducían grandes errores que afectaban la alta precisión del posicionamiento satelital.

La primera realización fue entre los años 1993 y 1994 cuando se dieron a conocer las coordenadas POSGAR94. Luego en 1998 con algunas estaciones adicionales y el empleo de un software científico surge POSGAR98, con precisiones superiores al anterior. En 2009 con un número significativo de nuevas mediciones y con el software *GAMIT-GLOBK* el IGN calcula y publica la versión 2007 incorporando las redes provinciales y el proyecto PASMA (*Proyecto de Asistencia a la Minería Argentina*).

A partir de POSGAR98 se incluye en este país el concepto de *época*: fecha para la cual corresponden las coordenadas. Así POSGAR98 tiene como época 1995.4 y POSGAR07, 2006.632.

*Material de Rubén Rodríguez, Argentina.*

*"Materialización de un Sistema de Referencia Geocéntrico de alta precisión mediante observaciones GPS", Tesis Doctoral de Virginia Mackern [2003], Argentina.*

### SISTEMA DE REFERENCIA GEODÉSICO GLOBAL:

Es un sistema de referencia tridimensional cuyo alcance es global, y su origen es el geocentro.

Un ejemplo de este sistema es el WGS84, siendo el "Sistema de referencia terrestre global que originalmente fue establecido para determinar las coordenadas de las órbitas de los satélites Doppler (WGS72). Fue adoptado para las órbitas de los satélites NAVSTAR GPS (*broadcast ephemerides*). WGS84 adoptó el ITRS en 2002".

*Material Escuela SIRGAS 2011, Hermann Drewes, Alemania.*

### ITRS (*International Terrestrial Reference System*):

Es un "Sistema de Referencia Terrestre Internacional" del Servicio Internacional de Rotación Terrestre y Sistemas de Referencia (IERS, del inglés *International Earth Rotation and Reference Systems Service*). Para su definición se emplean diferentes técnicas: VLBI, SLR, DORIS y GNSS.

### ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*):

Es un "Marco de Referencia Terrestre Internacional". Es la materialización del ITRS mediante estaciones en la superficie terrestre, con más de 900 puntos en más de 500 sitios, con coordenadas dadas para una época fija y sus variaciones en el tiempo (velocidades).

### PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS:

Es la correspondencia matemática biunívoca entre los diferentes puntos del elipsoide o esfera con los respectivos puntos homólogos de las transformadas en el plano.

*"CARTOGRAFÍA MATEMÁTICA", Antonio L. D'Alvia, Argentina.*

Existen diferentes formas de clasificar a las proyecciones cartográficas, una de esas clasificaciones es según qué atributos conserva. Si conserva los ángulos, es decir mantiene las formas de las figuras pequeñas al pasar de la figura del elipsoide al plano, se denominan proyecciones *conformes*. Si lo que mantiene es la superficie se

les llama *equivalentes*. Si conserva las distancias se nombran *equidistantes*. En cambio si la proyección no conserva ninguno de estos atributos, pero la deformación se reparte en cada uno de ellos, se llaman *afilácticas*.

En este trabajo se utilizaron proyecciones *conformes* para realizar el análisis. Por esto se profundiza en esta condición.

Si se considera un triángulo elipsoidal infinitesimal sobre el elipsoide definido por los puntos A, B y C que cumplen que C pertenece al paralelo por A y a un meridiano infinitamente próximo al de A, y B pertenece al meridiano por A y es infinitamente próximo a este, se puede introducir los siguientes conceptos:

*coeficiente de deformación meridiana*  $\beta = \frac{ab}{AB}$  donde a y b son los transformados de A y B

*coeficiente de deformación transversal*  $\alpha = \frac{ac}{AC}$  donde c es el transformado de C

Si ahora se considera un punto D perteneciente al paralelo por B y al meridiano por C, formarán estos cuatro puntos una figura ABCD, la que, en virtud de estar los cuatro puntos infinitamente próximos, puede considerarse un rectángulo, cuya área será  $AB \times AC$ . La proyección de este rectángulo puede considerarse un rectángulo infinitesimal de área  $ab \times ac$ .

Introduciendo ahora el concepto de *coeficiente de deformación superficial*  $\mu$  y con lo visto anteriormente,

$\mu = \frac{ab \times ac}{AB \times AC}$  se puede decir que  $\mu = \alpha \times \beta$

Si ahora se considera dos triángulos infinitesimales ABC (en el elipsoide) y abc su proyección en el plano y a  $u$  y  $u'$  como los ángulos en B y b respectivamente, la condición para que no exista deformación angular es  $u = u'$  o  $\operatorname{tg} u = \operatorname{tg} u'$ .

$\operatorname{tg} u = \frac{AC}{AB}$  y  $\operatorname{tg} u' = \frac{ac}{ab} \Rightarrow \frac{AC}{AB} = \frac{ac}{ab} \Rightarrow \alpha = \beta$

Por lo tanto, la condición para que no exista deformación angular es la igualdad de los coeficientes de deformación meridiana y transversal.

Retornando a las clasificaciones, otra forma de hacerlo depende de si se usa una superficie intermedia entre el elipsoide y el plano o no. Si no es así se denominan proyecciones *planas*, si lo que utiliza es un cilindro se llaman *cilíndricas* y, si es un cono, *cónicas*.

Además se pueden clasificar según cómo se ubique la superficie intermedia o el plano respecto al elipsoide. Si el plano es tangente en uno de los polos de la superficie terrestre (elipsoide), o si el eje de revolución del cono o del cilindro coincide con el eje de la Tierra se denomina *directa*. En el caso de que el plano sea tangente en algún punto del Ecuador, o si el eje de revolución de las superficies intermedias, cono o cilindro, está contenido en el plano Ecuatorial, se llaman *transversas*. Y si el plano es tangente en cualquier punto de la superficie terrestre, o el eje del cono o cilindro se encuentra en cualquier dirección se denominan *oblicuas*.

### DEFORMACIONES:

Según la proyección cartográfica que se utilice, se puede producir distintas deformaciones al proyectar de un elipsoide a un plano o superficie intermedia, ya que entre sí las superficies (plano, elipsoide, cono, cilindro) pueden o no ser desarrollables.

Por ejemplo, el elipsoide no es desarrollable en el plano, en el cilindro, ni en el cono. Por esto es que se producen las deformaciones al proyectar desde el elipsoide a las anteriores superficies. Más adelante al introducir proyecciones cartográficas en particular se profundiza en esta temática.

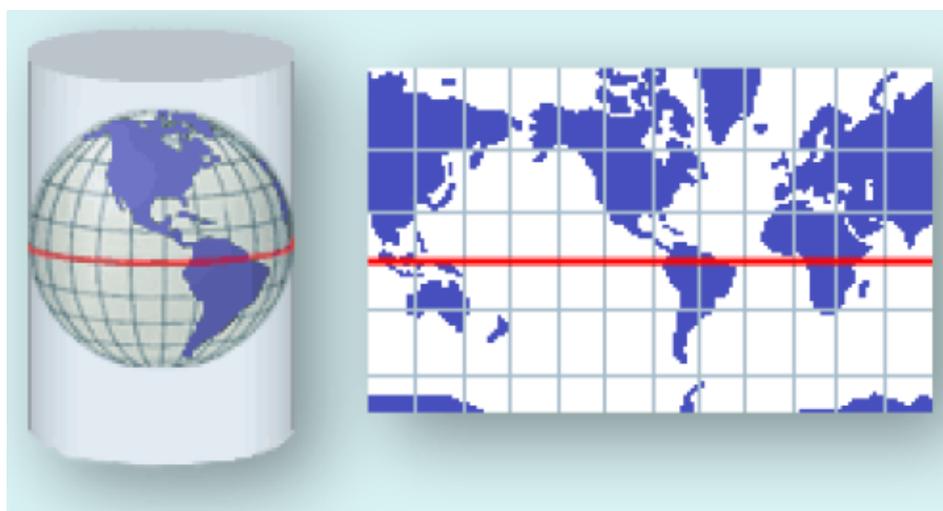
### SISTEMAS DE COORDENADAS PLANAS:

“Los Sistemas de Coordenadas Planas permiten representar la superficie del elipsoide (o de la esfera) sobre un plano a partir de reglas matemáticas o geométricas, principios y condiciones”.

*Material Escuela SIRGAS 2011, William Martínez, Colombia.*

### PROYECCIÓN MERCATOR:

Es una proyección cartográfica cilíndrica conforme, creada por Gerhard Krämer de Rupelmonde, Flandres (hoy Bélgica) y publicada en 1569. Utiliza un cilindro como superficie intermedia entre el elipsoide y el plano. Este cilindro es tangente al elipsoide en el Ecuador. Además esta proyección es directa ya que el eje de revolución del cilindro coincide con el de la Tierra.



*Imagen extraída de Material Escuela SIRGAS 2011, William Martínez, Colombia.*

La Ley de esta proyección es:

$$X = a \times \Delta\lambda$$

$$Y = a \times \ln \left[ \operatorname{tg} \left[ \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right] \right] - a \times e \times \ln \left[ \frac{1 + e \times \operatorname{sen} \varphi}{1 - e \times \operatorname{sen} \varphi} \right]$$

donde,

a = semieje mayor del elipsoide

e = primera excentricidad del elipsoide.

#### PROYECCIÓN TRANSVERSA DE MERCATOR:

Es una proyección cartográfica cilíndrica que utiliza el cilindro transversal al elipsoide, es decir que su eje de revolución es perpendicular al eje de la Tierra. Este cilindro puede ser secante o tangente al elipsoide.

Para definir una proyección de estas características se necesita establecer cual será el meridiano central, el paralelo origen de las coordenadas Norte, el factor de escala en el meridiano central, conocer la ley de la proyección y el elipsoide que se proyectará. Al meridiano central se le asigna un origen arbitrario de coordenada plana Este llamado "falso Este" y al paralelo origen de las coordenadas Norte se le asigna un valor arbitrario llamado "falso Norte".

Conociendo la información necesaria y estableciendo los parámetros que se necesitan para definir esta proyección, se puede especificar una proyección local para un predio en particular mensurado. Utilizando una proyección local (ya sea Transversa de Mercator o cualquiera de las que se presentan a continuación) se logra obtener la aproximación más cercana a la realidad de una zona pequeña.

#### GAUSS - KRÜGER:

Esta proyección, que utiliza como superficie intermedia un cilindro tangente a lo largo de un meridiano, es conforme y la propuso Carl Friedrich Gauss entre los años 1816 y 1827 para los trabajos del estado de Hannover en Alemania. En 1919 el geodesta Louis Krüger del Instituto de Potsdam también en Alemania, propuso dividir el territorio en husos con el cilindro tangente a su meridiano central y de un ancho tal que las deformaciones no sobrepasen valores establecidos de antemano.

Esta proyección cartográfica cumple tres condiciones fundamentales. La primera es que el meridiano de contacto debe ser representado por una recta sin deformaciones, es decir que esta proyección es una Transversa de Mercator pero siempre el factor de escala en el meridiano central es 1. La segunda, que el Ecuador debe ser representado por una recta perpendicular a la representación del meridiano de contacto. Y la tercera, que la transformación debe ser conforme.

Sistema de proyección argentino similar al propuesto por Krüger, sobre el que se desarrolló en el Estado del Arte de Argentina:

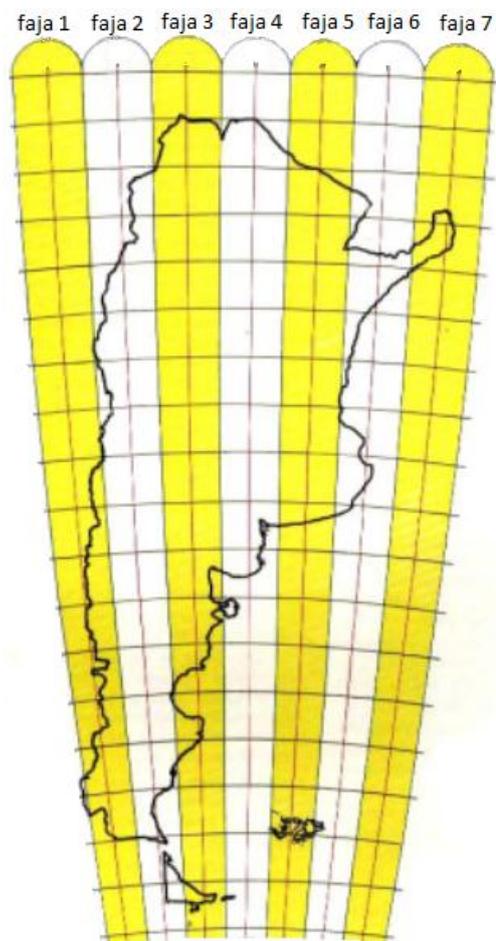


Imagen extraída de presentación en Internet del Colegio de Agrimensores de Chubut.

Representación gráfica de la proyección Gauss-Krüger (Transversa de Mercator):

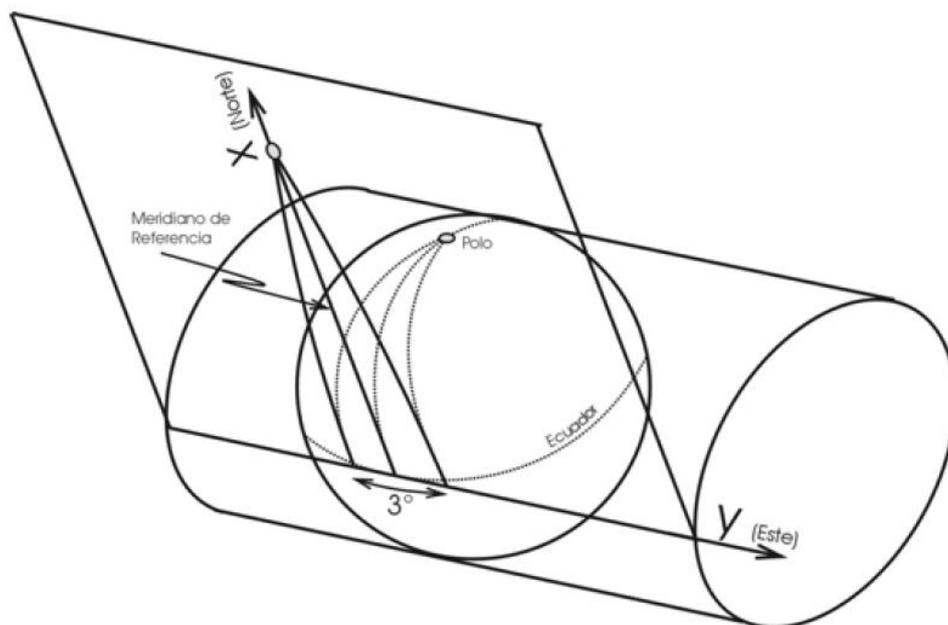


Imagen extraída del material del curso de Geodesia de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata.

La Ley de esta proyección es:

$$X = s + t_2 \times \lambda^2 + t_4 \times \lambda^4 + t_6 \times \lambda^6 + \dots$$

$$Y = t_1 \times \lambda + t_3 \times \lambda^3 + t_5 \times \lambda^5 + \dots$$

donde,

$$t_1 = N \times \cos \varphi$$

$$t_2 = \frac{1}{2!} \times N \times \sin \varphi \times \cos \varphi$$

$$t_3 = \frac{1}{3!} \times N \times \cos^3 \varphi \times (1 - t^2 + n^2)$$

$$t_4 = \frac{1}{4!} \times N \times \sin \varphi \times \cos^3 \varphi \times (5 - t^2 + 9n^2 + 4n^4)$$

.....

y donde,

$$t = \operatorname{tg} \varphi$$

$$n^2 = \frac{e^2}{1 - e^2} \times \cos^2 \varphi$$

#### *Deformaciones de la proyección:*

El cálculo de los factores de deformación puede realizarse a partir de las coordenadas geodésicas de las figuras *sin deformación*. También pueden calcularse a partir de las coordenadas planas de la proyección afectadas por la deformación, en cuyo caso debería llamarse a estos factores *de corrección*. En este trabajo se presentaron las fórmulas de cálculo a partir de las coordenadas geodésicas, por lo que se presenta cómo aplicar los *factores de deformación*.

#### *Convergencia plana de los meridianos:*

Se le llama convergencia plana de los meridianos al ángulo  $\gamma$  que forma la paralela al meridiano de contacto con la tangente a la transformada del meridiano en el punto considerado. Puede observarse también como el ángulo entre la tangente a la transformada del paralelo que pasa por el punto en cuestión y la perpendicular al meridiano de contacto.

La fórmula para calcular la convergencia  $\gamma$  es la siguiente:

$$\gamma = \Delta\lambda \times \sin \varphi + \frac{\Delta\lambda^3}{3} \times \sin \varphi \times \cos^2 \varphi \times (1 + 3n^2 + 2n^4)$$

En el hemisferio Sur (latitudes negativas) el valor de  $\gamma$  al Este del meridiano de contacto es de signo positivo y al Oeste, negativo. En el hemisferio Norte (latitudes positivas) el valor de  $\gamma$  al Este del meridiano de contacto es de signo negativo y al Oeste, positivo. Esto provoca en el hemisferio Sur, ilustrativamente, que a medida que se aparta del meridiano de contacto un predio a proyectar según esta proyección cartográfica, se verá en el plano de Gauss deformado e inclinado hacia la derecha en el caso del Este y a la izquierda en el caso del Oeste. Para el hemisferio Norte la

deformación es opuesta, es decir la inclinación será hacia el meridiano de contacto a medida que se aparta de este.

*Coefficiente de deformación lineal para elementos infinitesimales:*

El coeficiente de deformación lineal  $k$  se define como la relación entre la longitud de la representación de un elemento de geodésica en el plano de Gauss, sobre la longitud de dicho elemento de geodésica en el elipsoide.

La fórmula para calcular el coeficiente  $k$  es la siguiente:

$$k = 1 + \frac{\Delta\lambda^2}{2} \times \cos^2 \varphi \times (1 + n^2)$$

Se observa que  $k \geq 1$ , por lo que se puede afirmar que es un módulo de ampliación. Por lo tanto, las distancias medidas sobre el plano de la proyección serán mayores que las medidas sobre la superficie original sin proyectar.

*Material curso Cartografía Matemática 2010, Prof. Ricardo Martínez, Uruguay.*

*Coefficiente de deformación superficial para elementos infinitesimales:*

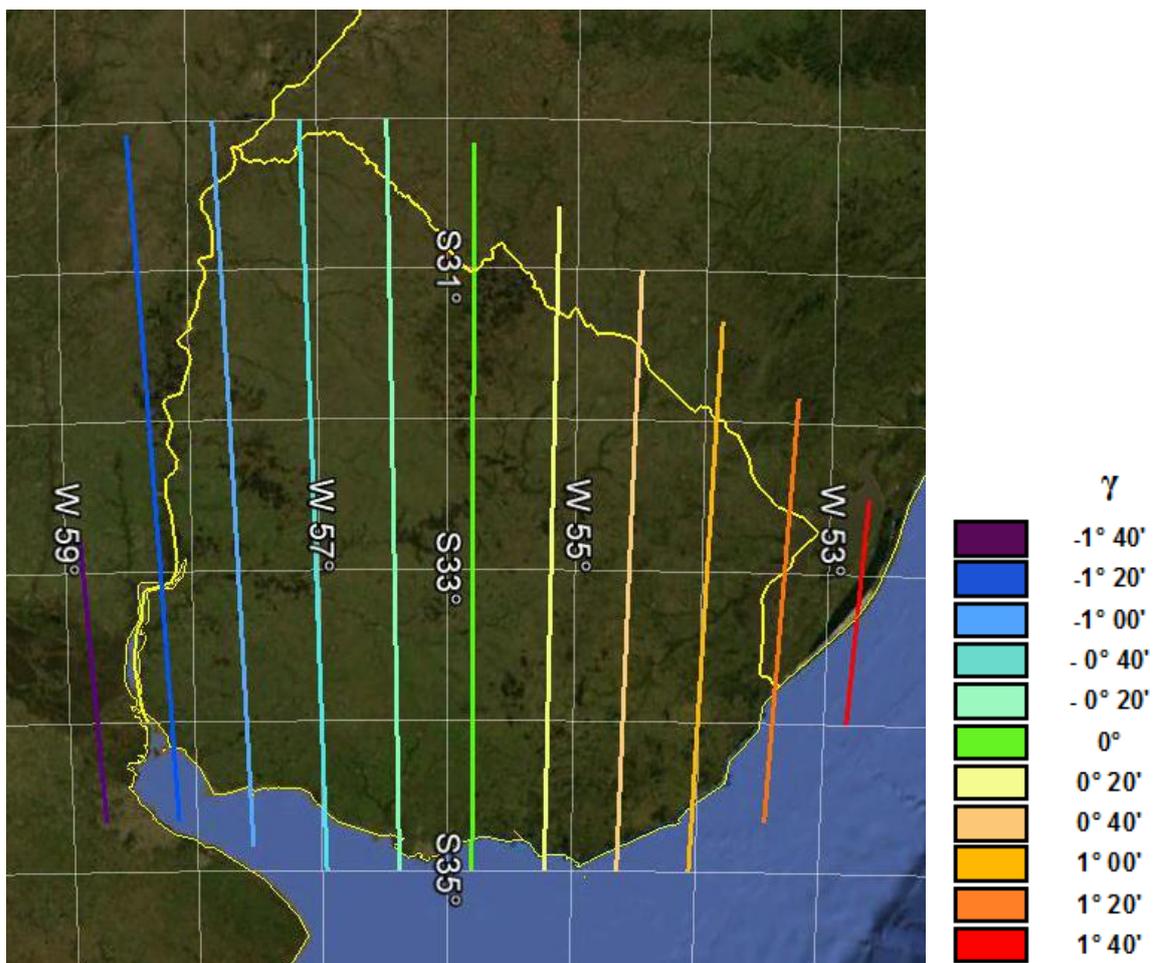
Para solucionar el problema de las deformaciones superficiales en esta proyección se aplica el coeficiente de deformación lineal elevado al cuadrado (ya que por ser conforme,  $\alpha = \beta = k$ ).

Por lo que la fórmula para el cálculo del coeficiente  $k_s$  resulta:

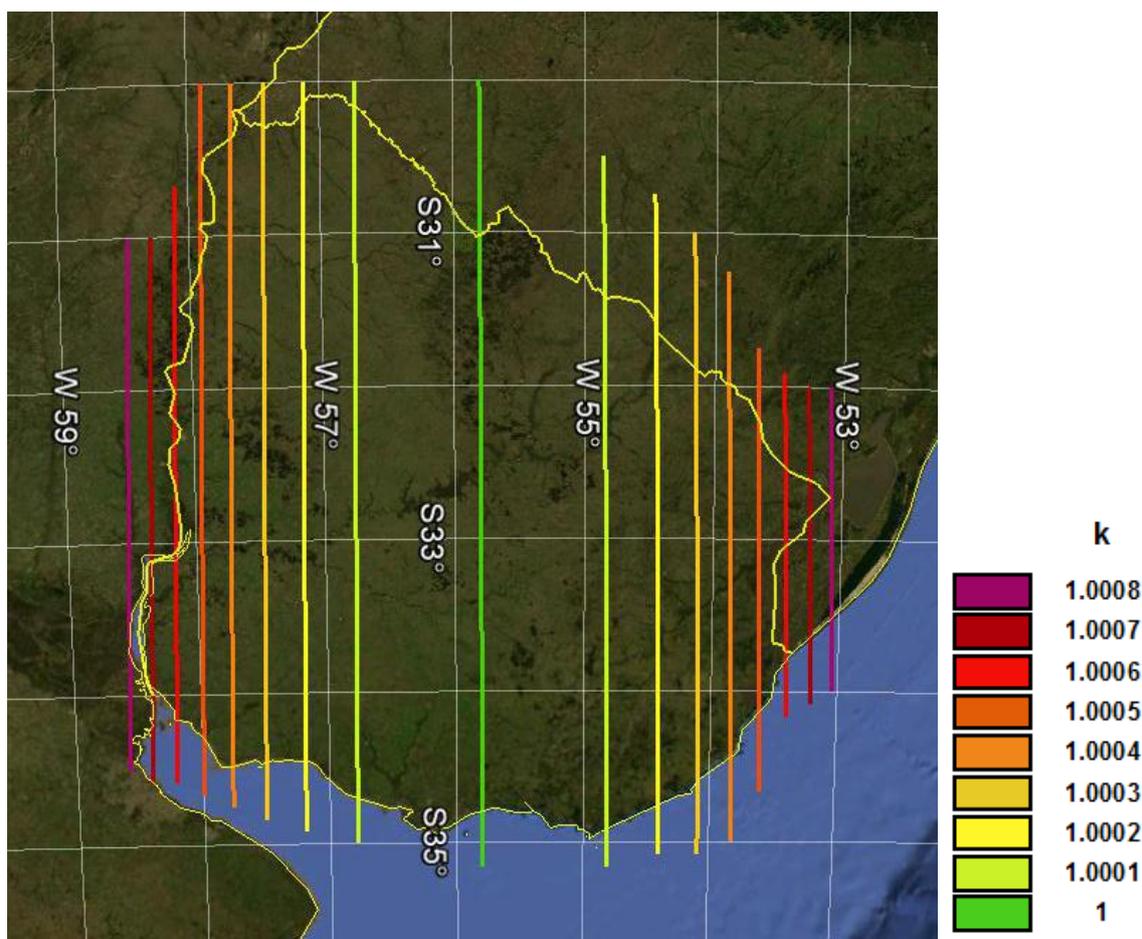
$$k_s = k^2 \Rightarrow k_s = \left[ 1 + \frac{\Delta\lambda^2}{2} \times \cos^2 \varphi \times (1 + n^2) \right]^2$$

Como la proyección usada en el Uruguay es una Gauss-Krüger, se decide presentar el Mapa de Uruguay con curvas de isoconvergencia  $\gamma$  y otro con curvas de isodeformación lineal  $k$  para esta proyección.

Mapa de Uruguay con curvas de isoconvergencia de los meridianos para la proyección Gauss-Krüger meridiano de contacto 55°48'W.



Mapa de Uruguay con curvas de isodeformación lineal  $k$  para la proyección Gauss-Krüger meridiano de contacto  $55^{\circ}48'W$ .



Observando el mapa de isoconvergencia y de isodeformación lineal se puede afirmar que estas deformaciones no varían linealmente. También se observa que para el territorio uruguayo, los valores de convergencia plana de los meridianos son más susceptibles a la variación de latitud que los de deformación lineal.

*Aplicación de los factores de deformación:*

Previamente es necesario aclarar que las fórmulas presentadas anteriormente surgen de aproximaciones matemáticas. El procedimiento para deducirlas implica el uso de desarrollos de *Taylor* truncados cuando los términos son de un orden que no es necesario considerar. Por lo que las fórmulas y procedimientos presentados tienen alcance únicamente para este trabajo y para aquellos en los que se consideren dimensiones del mismo orden.

Según estos es posible calcular los factores de deformación a aplicar a las medidas realizadas sobre el elipsoide para averiguar los resultados que se obtendrá al proyectar.

Para el caso de la *convergencia plana de los meridianos*, una vez calculado el valor  $\gamma$  y una vez conocido o medido el acimut de una línea, bastará con hacer la suma de estas dos magnitudes para conocer el acimut de la misma línea en el plano de la proyección. Si  $\gamma$  es positivo el acimut transformado aumentará, y si es negativo, disminuirá. Posteriormente se introduce el término *deflexión angular de la geodésica*  $\psi$  y se observa que la influencia de esta es despreciable con respecto al valor de  $\gamma$ .

La *deformación lineal* que sufrirá una línea geodésica del elipsoide al proyectarla en el plano es posible calcularla de tres formas. Una es multiplicar el largo de esta línea por el valor promedio de  $k$  de los puntos extremos de la línea. La segunda es multiplicar el largo de la línea por un valor de  $k$  calculado para el punto medio de la línea. Se diferencia del primer caso pues la variación de este coeficiente al apartarse del meridiano de contacto no es lineal. Y finalmente la forma según la que se obtienen mejores resultados consiste en multiplicar el largo de la línea por un coeficiente calculado a partir de la siguiente fórmula:

$$k = \frac{k_1 + 4 \times k_m + k_2}{6} \quad \text{donde } k_1 \text{ y } k_2 \text{ son los valores de } k \text{ para los puntos extre-} \\ \text{mos y } k_m \text{ el valor de } k \text{ para el punto medio de la línea.}$$

Básicamente aplicando esta última fórmula lo que se logra es asignarle un peso superior a los valores de deformación correspondientes al entorno del punto medio de la línea. Esto será más representativo de la deformación que se producirá que las dos primeras maneras.

Finalmente el *coeficiente de deformación superficial* se puede utilizar multiplicando el área elipsoidal (que puede calcularse sencillamente con una proyección local\*) en cuestión por el valor  $k_s$  correspondiente al baricentro de la figura. Cabe aclarar que el valor de deformación devuelto por esta operación es aproximado, pues como se aclaró previamente surge del coeficiente de deformación lineal  $k$ , cuya aplicación es para elementos infinitesimales (aplicación puntual). No es sencillo generar una fórmula o procedimiento más preciso (como es el caso de la aplicación del  $k$ ) pues depende directamente de la forma de la figura.

(\*)¿POR QUÉ SE PUEDE CONSIDERAR AL ÁREA ELIPSOIDAL COMO EL ÁREA PLANA SEGÚN UNA PROYECCIÓN LOCAL?

Se comparará el área entre el predio cuadrado de lado 3500m en un plano, proyectado según una proyección local, con el área de este sobre el elipsoide.

Luego según lo explicado por el Dr. Richard H. Rapp en su libro *Geodesia geométrica*, se puede considerar los triángulos elipsoidales como esféricos para distancias menores a 200km. El radio de la esfera que contiene a estos triángulos es igual al

radio medio Gaussiano, que se calcula con la siguiente fórmula  $R_G = \sqrt{(\rho \times N)}$ , considerando la coordenada  $\phi$  del baricentro de la figura.

A continuación se mostrará el ejemplo numérico del predio cuadrado, siendo las coordenadas elipsoidales de los vértices del predio consideradas como esféricas las siguientes:

A1:	$\phi = 33^\circ 50' 16''79282 \text{ S}$	A2:	$\phi = 33^\circ 48' 23''19660 \text{ S}$
	$\lambda = 53^\circ 51' 54''06411 \text{ O}$		$\lambda = 53^\circ 51' 54''03911 \text{ O}$
A3:	$\phi = 33^\circ 48' 23''19660 \text{ S}$	A4:	$\phi = 33^\circ 50' 16''79282 \text{ S}$
	$\lambda = 53^\circ 49' 37''69089 \text{ O}$		$\lambda = 53^\circ 49' 37''93589 \text{ O}$

Considerando el predio sobre la esfera y dividiéndolo en dos triángulos esféricos se resuelve el problema sumando el área de los triángulos  $A_1A_2A_3$  y  $A_1A_3A_4$  utilizando trigonometría esférica.

Finalmente el área del predio resultó de 1223Ha 8137m<sup>2</sup> lo que difiere con el área plana en 1Ha 1863m<sup>2</sup>, es decir en un 0.097%. Observando las únicas tolerancias que se debe cumplir según la DNC es que se puede aproximar el área esférica como la plana.

#### UTM:

Es una proyección Transversa de Mercator Universal, que utiliza un cilindro como superficie intermedia entre el elipsoide y el plano. Por su carácter de transversa el cilindro se ubica de forma tal que su eje de revolución es perpendicular al eje de la Tierra. Esta es una proyección conforme.

Para representar los resultados de esta proyección la Tierra se divide en 60 husos de 6° de longitud cada uno y la zona de proyección se define entre los paralelos 80°S y 84°N. Estos husos se enumeran del 1 al 60, siendo el primero limitado por los meridianos de longitud 180°W y 174°W y de meridiano central el de longitud 177°W. Estos husos se enumeran en orden ascendente hacia el Este. Uruguay se encuentra en los husos 21 y 22.

A cada huso se le asigna un meridiano central, siendo este el origen de coordenadas Este de cada uno ( $E = 500.000\text{m}$  para evitar valores negativos). El origen de coordenadas Norte es diferente según el hemisferio Norte o Sur. Para el Norte el origen es el Ecuador y se le asigna coordenada  $N = 0\text{m}$ , y para el Sur el origen es también el Ecuador pero con coordenadas  $N = 10.000.000\text{m}$ .

Además la Tierra para esta proyección se divide en 20 bandas extendiéndose cada una en 8° de latitud, las que se denominan de Sur a Norte desde la C a la X, excluyendo la I y O por sus parecidos con el 1 y el 0, además de la Ñ. La banda C está en el intervalo 80°S y 72°S. Uruguay se encuentra en las bandas H y J.

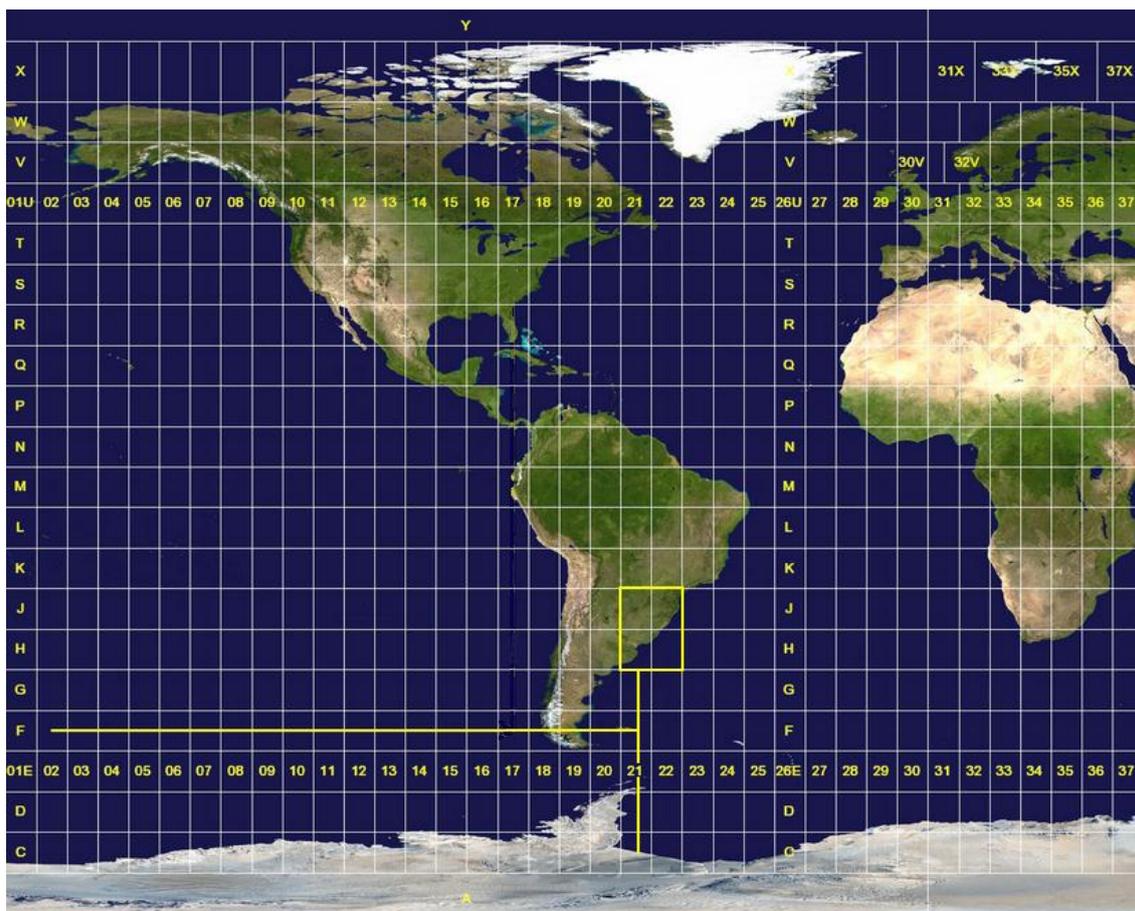


Imagen extraída de Wikipedia.

Para la representación de los polos se utiliza el sistema de coordenadas UPS, que significa Polar Estereográfico Universal.

#### *Convergencia plana de los meridianos:*

La convergencia de los meridianos se calcula utilizando la misma fórmula que en la proyección Gauss-Krüger

#### *Coefficiente de deformación lineal para elementos infinitesimales:*

El coeficiente de deformación lineal  $k$  para la proyección UTM se calcula igual que el de la proyección Gauss-Krüger, pero con la salvedad de tener en cuenta el factor de escala en el meridiano central 0.9996, multiplicando el miembro derecho de la fórmula por este valor.

Resultando así:

$$k = 0.9996 \times \left[ 1 + \frac{\Delta\lambda^2}{2} \times \cos^2 \varphi \times (1 + n^2) \right]$$

Se observa que  $k$  puede tomar valores mayores o menores que 1, por lo que ya no se puede afirmar que es un módulo de ampliación, sino que es un módulo de ampliación o disminución. Por lo tanto, las distancias medidas sobre el plano de la proyección podrán ser mayores o menores que las medidas sobre la superficie original sin proyectar.

*Coefficiente de deformación superficial para elementos infinitesimales:*

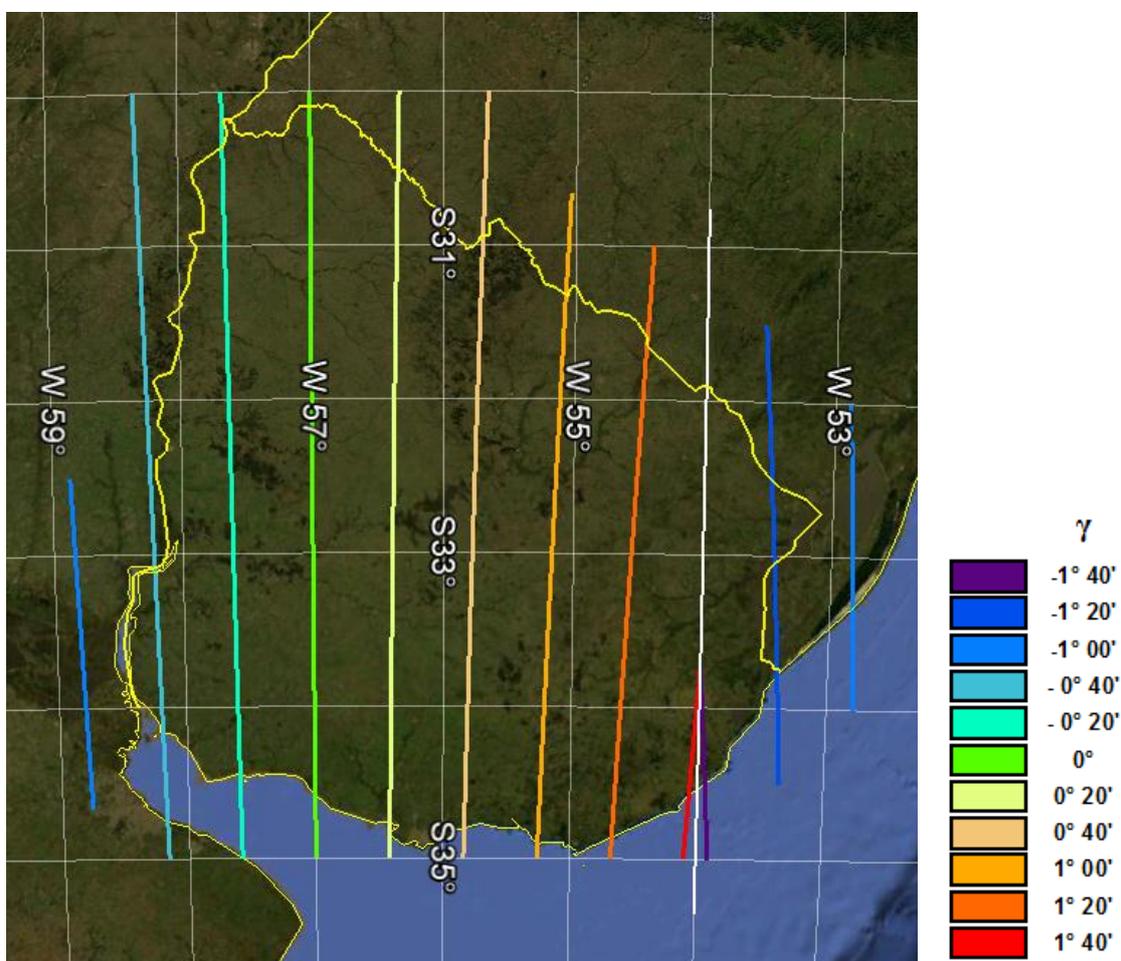
El problema de las deformaciones superficiales en la proyección UTM se resuelve exactamente igual que en el caso de la proyección Gauss-Krüger.

Por lo que la fórmula para el cálculo del coeficiente  $k_s$  resulta:

$$k_s = k^2 \Rightarrow k_s = \left[ 0.9996 \times \left[ 1 + \frac{\Delta\lambda^2}{2} \times \cos^2 \varphi \times (1 + n^2) \right] \right]^2$$

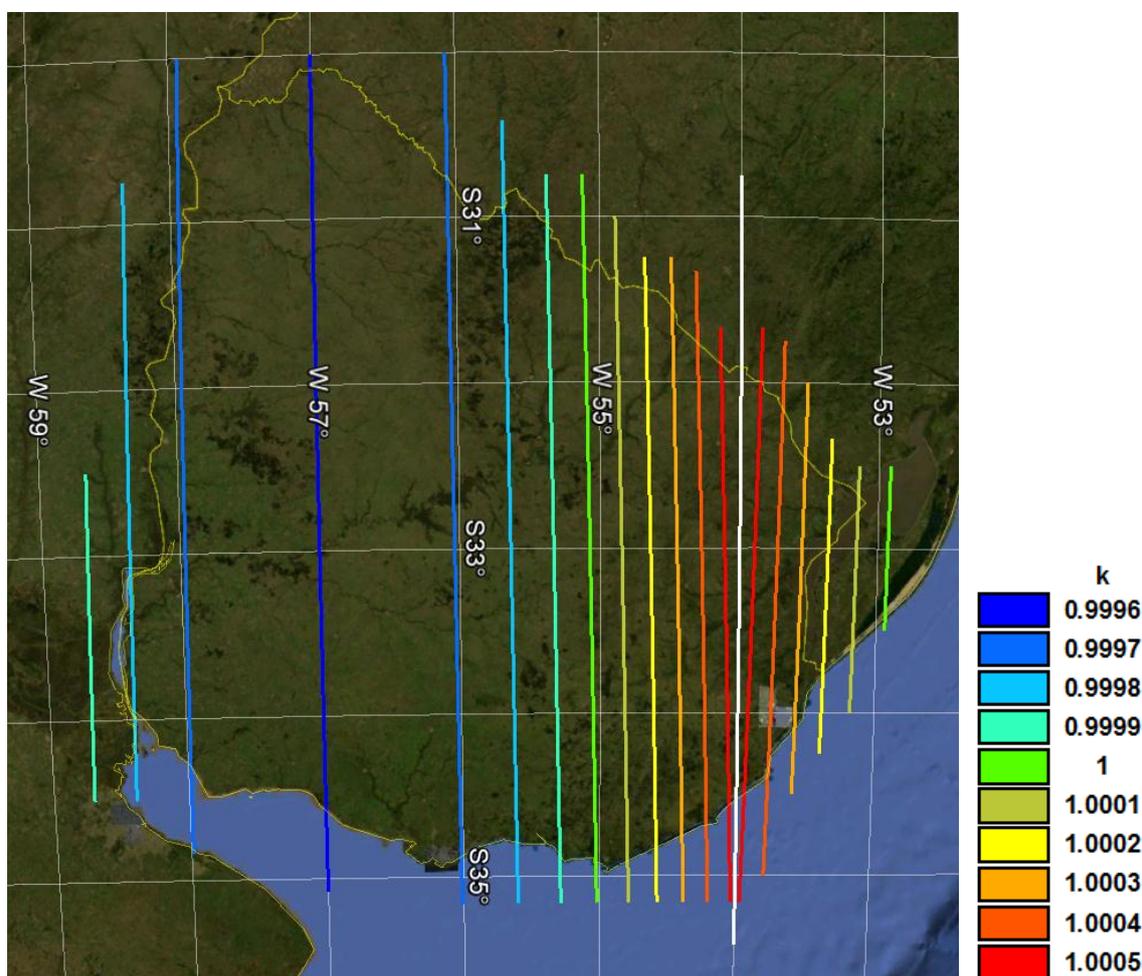
A continuación se muestran los mapas de deformación para el caso de la proyección UTM.

Mapa de Uruguay con curvas de isoconvergencia  $\gamma$  de los meridianos para la proyección UTM.



La línea blanca corresponde al límite entre el huso 21 y el huso 22 (meridiano 54°W) de la proyección UTM.

Mapa de Uruguay con curvas de isodeformación lineal  $k$  para la proyección UTM.

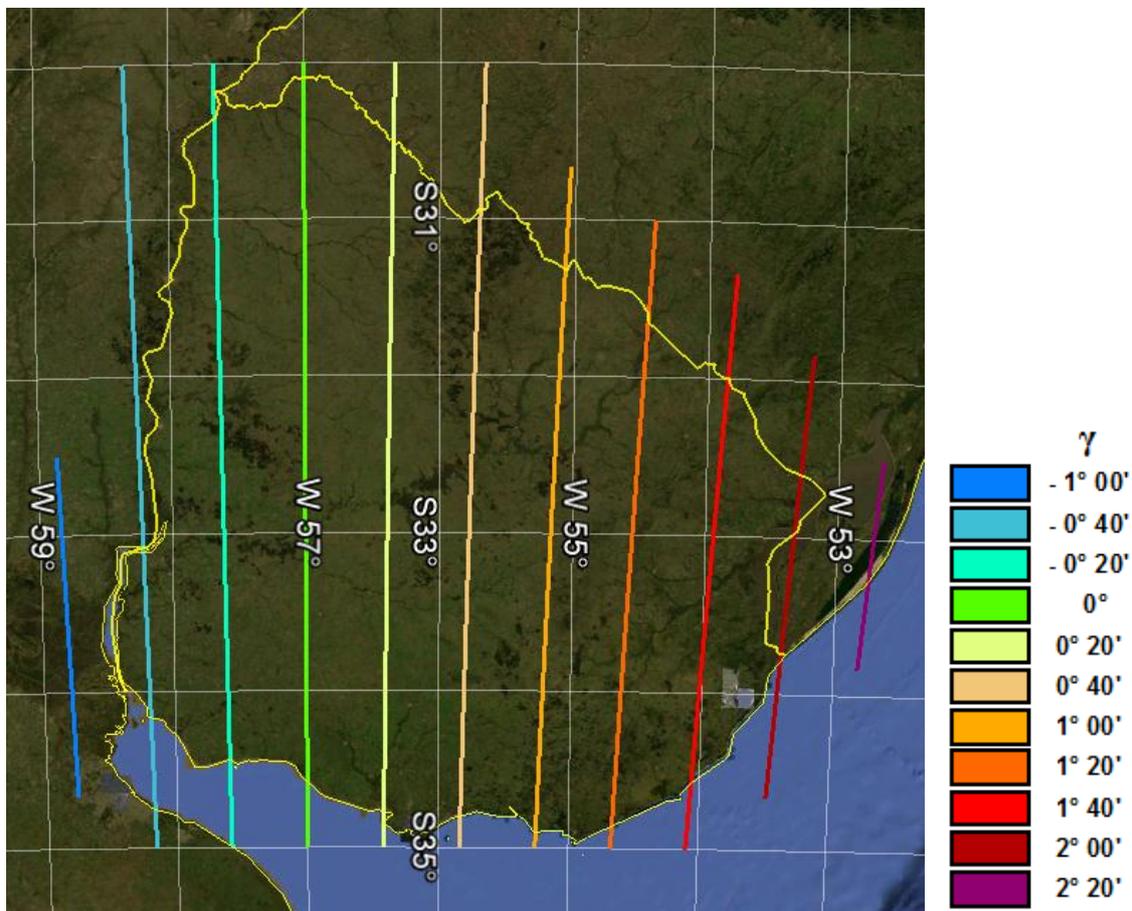


La línea blanca corresponde al límite entre el huso 21 y el huso 22 (meridiano 54°W) de la proyección UTM.

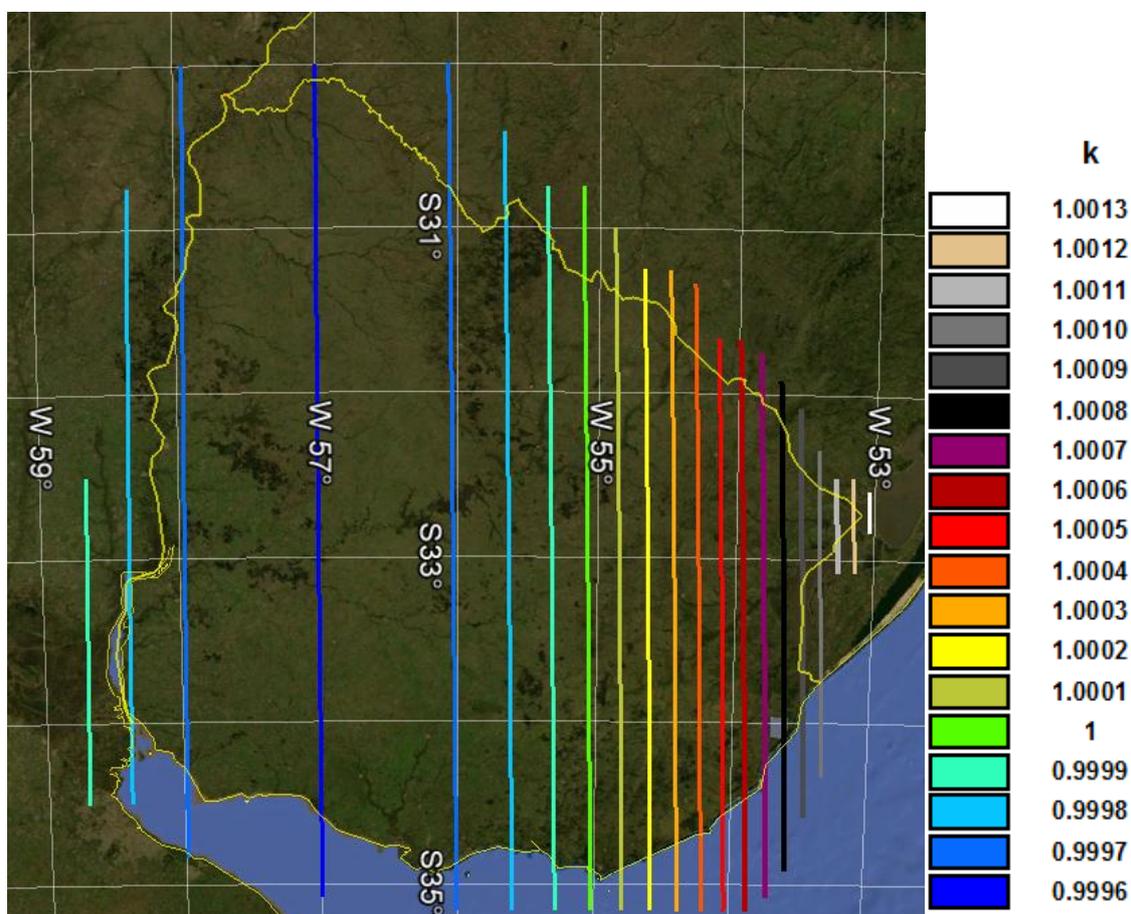
Observando el mapa de isoconvergencia y de isodeformación lineal se puede afirmar que estas deformaciones no varían linealmente. También se observa que para el territorio uruguayo, los valores de convergencia plana de los meridianos son más susceptibles a la variación de latitud que los de deformación lineal.

En algunos casos los profesionales de la agrimensura de Uruguay han buscado soluciones poco efectivas en ciertos aspectos para facilitar los trabajos cuando utilizan la proyección UTM. Es así que se ha utilizado la “proyección UTM zona 21 Sur extendida”, para evitar la discontinuidad del sistema de coordenadas al trabajar en una zona 21 más extensa, dejando de lado la zona 22 a la que también pertenece Uruguay. Es por esto que se decidió incluir un mapa de isoconvergencia e isodeformación lineal para esta proyección.

Mapa de Uruguay con curvas de isoconvergencia  $\gamma$  de los meridianos para la "proyección UTM zona 21 extendida".



Mapa de Uruguay con curvas de isodeformación lineal  $k$  para la “proyección UTM zona 21 extendida”.



Además de observar en los mapas de isoconvergencia y de isodeformación lineal que estas deformaciones no varían linealmente, se puede ver que se produce una deformación demasiado significativa en el extremo Este del país para ambos tipos de deformación. También se observa que para el territorio uruguayo, los valores de convergencia plana de los meridianos son más susceptibles a la variación de latitud que los de deformación lineal.

### *Aplicación de los factores de deformación:*

Los métodos para aplicar los factores de deformación presentados y las consideraciones a tener en cuenta son exactamente las mismas que en el caso de Gauss-Krüger.

### DEFLEXIÓN ANGULAR DE LA GEODÉSICA ( $\psi$ ):

Es el ángulo formado por la tangente de la transformada de la geodésica entre dos puntos y la cuerda. Su valor depende de la curvatura de la geodésica.

El acimut geodésico es la suma o resta, dependiendo de la posición de la geodésica respecto a los ejes, del acimut de la carta, de la convergencia de los meridianos y de la deflexión de la geodésica.

Se demostrará con un ejemplo numérico que para zonas no muy extensas el valor de  $\psi$  es irrelevante.

$$\psi_{12} = \frac{\Delta X \times (Y_m - \Delta Y/6)}{2 \times \rho_m \times N_m}$$

$$\psi_{21} = \frac{-\Delta X \times (Y_m + \Delta Y/6)}{2 \times \rho_m \times N_m}$$

donde,

$\rho_m$  = radio de curvatura de la sección normal meridional para el  $\phi$  medio entre A1 y A2.

$N_m$  = radio de curvatura de la sección normal del vertical primario para el  $\phi$  medio entre A1 y A2.

Tomando las coordenadas planas y geodésicas de los puntos A1 y A2 (que aparecen a continuación en el análisis del trabajo) que se encuentran a una distancia plana de 3500m, se obtuvo el valor de  $\psi = 0^\circ 0' 1''06$ . Por lo que para el estudio realizado en este trabajo esta deformación no es necesario considerarla.

### CÓNICA DE LAMBERT:

Es una proyección cartográfica cónica que utiliza al cono como superficie intermedia entre el elipsoide y el plano, siendo este cono tangente o secante al elipsoide a lo largo de un paralelo o dos, respectivamente. Esta proyección se caracteriza por ser conforme.

Para definir una proyección de estas características se necesita establecer cuál será el paralelo de tangencia o los paralelos de contacto, el meridiano central, el factor de escala, conocer la ley de la proyección y el elipsoide que se proyectará. Además de asignar al meridiano central como origen arbitrario de coordenadas Este llamado "falso Este", y de asignar un paralelo origen de coordenadas Norte llamado "falso Norte".

Similarmente a la proyección Transversa de Mercator se puede definir una proyección local, con sus parámetros correspondientes.

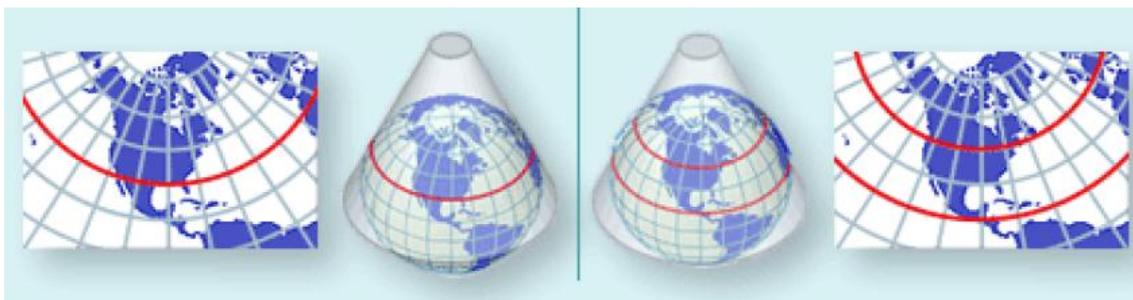


Imagen extraída de Material Escuela SIRGAS 2011, William Martínez, Colombia.

#### CAMPO INCHAUSPE '69:

Es un sistema de referencia geodésico argentino que tiene como datum el vértice Campo Inchauspe de coordenadas astro-geodésica:

latitud =  $32^{\circ} 00' 01'' 9$  S

longitud =  $63^{\circ} 59' 57'' 2$  W,

y el elipsoide asociado denominado Internacional o de Hayford (1924). Este sistema tiene un sistema de proyección asociado de 7 fajas, que fue nombrado en la proyección Gauss-Krüger y en el Estado del Arte de Argentina.

#### ROU-USAMS:

Es un sistema de referencia geodésico local utilizado en Uruguay desde 1965. Este tiene como datum el vértice Yacaré de coordenadas astro-geodésicas, calculadas en 1939:

Latitud =  $30^{\circ} 35' 53'',68$  S

Longitud =  $57^{\circ} 25' 01'',30$  W

Acimut a I - La Quisilla

#### Ondulación Geoidal en I-Yacaré 0m

Este sistema tiene un elipsoide asociado denominado Internacional o de Hayford (1924). Además de un sistema de proyección Gauss modificado, con meridiano de contacto  $55^{\circ} 48' W$  origen N = 0m en el Polo Sur y E = 500.000m al oeste del meridiano de contacto.

El sistema ROU-USAMS fue realizado, acorde al ajuste efectuado por el Servicio Cartográfico del Ejército de los Estados Unidos (USAMS, del inglés *United States Army Map Service*), que se llevó a cabo realizando un método de variación de coordenadas de la red geodésica de 1965.

*Material del Servicio Geográfico Militar, Uruguay.*

#### CATASTRO:

Según el Proyecto de Ley Catastral que se encuentra en la página web de la Dirección Nacional de Catastro se define al catastro como:

“[...] el sistema nacional de información sobre los bienes inmuebles, de naturaleza geométrica y demostrativa orientado a un uso multifinalitario.

Comprende la recopilación, procesamiento y conservación de los datos necesarios para organizar y mantener actualizado el conjunto de documentos que describen

dichos bienes, atendiendo a sus características geométricas, económicas y su destino real o potencial”.

#### TOLERANCIAS EN DNC:

Como ya se mencionó en el Estado del Arte correspondiente a Uruguay, en el inciso D de la Resolución 24/96 se establece las tolerancias que se pretende respeten los trabajos presentados ante DNC. Los límites de tolerancia son:

- para las medidas de los lados del predio: 2%
- para las medidas de los lados que terminan en un límite natural: 5%
- para el área del predio: 5%
- cuando existan discrepancias de forma (dientes, ángulos, etc.).

Además en esta resolución se indica que si los trabajos presentados no cumplen con estos valores de tolerancia sólo se le advertirá al técnico de las discrepancias existentes.

Cabe destacar que en esta resolución se menciona que estos valores se tendrán en cuenta hasta que no se establezcan normas de carácter general.

Estos niveles de tolerancia son de uso interno de DNC, es decir que estos no son limitaciones a los trabajos realizados por los profesionales de la agrimensura.

## PROBLEMÁTICA

En esta apartado se intenta ilustrar un ejemplo donde se puede apreciar la influencia de la proyección cartográfica escogida para representar lo mensurado.

Este ejemplo corresponde a un caso real ocurrido en el Oeste del territorio nacional a orillas del Río Uruguay, en el que al inicio del trabajo fue necesario realizar un relevamiento de una zona extensa, por tierra y por agua. Por tratarse de un trabajo que requería un nivel de detalle importante, las tareas fueron repartidas a dos equipos, uno uruguayo y otro argentino. Uno relevó la zona sobre el Río y la ribera y el otro desde la ribera hacia tierra adentro. Ambos registraron puntos de control, de modo de poder enlazar lo medido por cada uno. Una vez procesado el relevamiento cada equipo incorporó el proyecto de ingeniería utilizando un software CAD. Al momento de unificar la información en un único archivo surgió el problema. Los puntos de control comunes a ambos trabajos no coincidían.

Las coordenadas planas de los puntos de control eran diferentes, pues cada equipo utilizó una proyección cartográfica diferente, por lo que se intentó hacer coincidir estas coordenadas. Primero se realizó una traslación haciendo coincidir uno de los puntos de control con el correspondiente en el otro trabajo, esperando que los restantes puntos también coincidieran. Como esto no ocurrió, se efectuó una rotación con centro en el punto de coincidencia, de ángulo igual al formado entre los segmentos determinados por este punto y un par de puntos cuya coincidencia se esperaba al trasladar. Los puntos continuaban sin coincidir. Si bien la dirección de los segmentos que definieron el ángulo a rotar coincidía, la de los demás segmentos correspondientes estrictamente no, pues para este caso la diferencia es despreciable por tratarse de distancias poco extensas para el tema de estudio. Luego de trasladar y rotar se aplicó un factor de escala definido por el cociente entre las longitudes de los segmentos que definieron el ángulo a rotar. Los restantes puntos, estrictamente, seguían sin coincidir.

Para analizar este caso se procedió de la siguiente manera:

- Se consideró que los puntos de control fueran cuatro y sus coordenadas geodésicas las siguientes:

punto 1:	$\varphi = 33^{\circ} 07' 00''89 \text{ S}$	punto 2:	$\varphi = 33^{\circ} 06' 28''96 \text{ S}$
	$\lambda = 58^{\circ} 11' 27''83 \text{ O}$		$\lambda = 58^{\circ} 11' 33''10 \text{ O}$
punto 3:	$\varphi = 33^{\circ} 06' 33''74 \text{ S}$	punto 4:	$\varphi = 33^{\circ} 06' 57''41 \text{ S}$
	$\lambda = 58^{\circ} 11' 05''55 \text{ O}$		$\lambda = 58^{\circ} 11' 01''45 \text{ O}$

Estas coordenadas fueron obtenidas de *Google Earth*, por lo que estaban en el sistema de referencia geodésico global WGS84, así como las relevadas con GNSS por ambos equipos.

- Se utilizó el software *LEICA Geo Office* (LGO) (Versión de demostración) de Facultad de Ingeniería:

\* Creación del Proyecto: PUERTO OESTE.

\* Ingreso de coordenadas de los puntos.

Nuevo punto

General | Estocásticas | Datos temáticos

Id de Pto: puerto 1  Activado

Clase de punto: Control

Subclase de punto: Fijo en posición y altura

Tipo de Coord.: Geodésicas  WGS84  Local

Formato de coord.: Latitud, Longitud, Altura

Tipo de altura:  Elipsoidal  Ortométrica

Latitud: 33° 7' 0.89000" S Desviación estándar: 0.0 m

Longitud: 58° 11' 27.83000" W Desviación estándar: 0.0 m

Altura: 0.0 m Desviación estándar: 0.0 m

Aceptar Cancelar Aplicar

\* Creación de Transformaciones

Se generó la transformación del Sistema de Coordenadas WGS84 al ROU-USAMS.

Nuevo Transformación

General

Nombre: WGS84->ROU-USAMS Elip. A: WGS 1984

Tipo: Clásica3D Elip. B: Internacional (Hayford)

Tipo de altura: Elipsoidal

Última modificación: Modelo: Bursa Wolf

dx: 153.439 m Rx: 0.0''

dy: -160.764 m Ry: 0.0''

dz: -44.893 m Rz: 0.0''

FE: 0.0 ppm

Aceptar Cancelar

Se ingresaron los parámetros de la transformación dx, dy y dz, obtenidos de la publicación *Parámetros de Transformación entre el Sistema SIRGAS 95 y los Sistemas Locales CDM y ROU-USAMS (Yacaré)* del Prof. Ing. Roberto Pérez Rodino, también se seleccionaron el elipsoide origen (A) y el elipsoide destino (B). El modelo escogido para la transformación fue Bursa Wolf. También se podría haber elegido el modelo Molodensky Badekas, ya que en la transformación, de los 7 parámetros solo se utilizan los 3 de traslación.

Luego se generó la transformación del Sistema de Coordenadas WGS84 al Campo Inchauspe '69.

Nuevo Transformación

General

Nombre:  Elip. A:

Tipo:  Elip. B:

Tipo de altura:

Última modificación:  Modelo:

dx:  m Rx:  "

dy:  m Ry:  "

dz:  m Rz:  "

FE:  ppm

Análogamente al paso anterior, se ingresaron los parámetros de la transformación dx, dy y dz, obtenidos de la publicación *Introducción al Sistema de Posicionamiento Global (GPS)* del Agrimensor Rubén Carlos Ramos de la Div. Geodesia del IGM, también se seleccionaron el elipsoide origen (A) y el elipsoide destino (B), las consideraciones en cuanto al modelo escogido para la transformación fueron las mismas que en el caso anterior.

#### \* Creación de Proyecciones

En este paso se creó la proyección utilizada por el equipo uruguayo.

Nuevo Proyección

General

Nombre:

Tipo:

Falso Este:  m

Falso Norte:  m

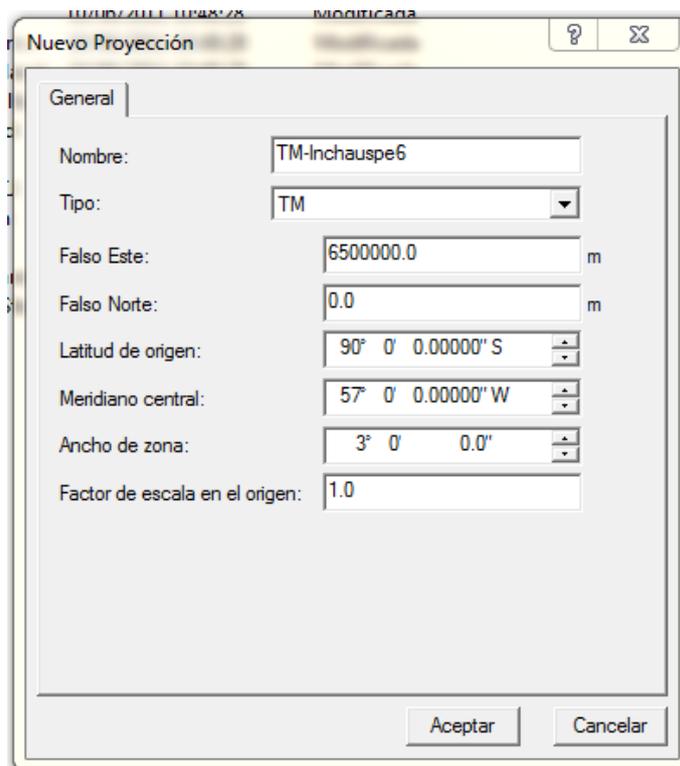
Latitud de origen:

Meridiano central:

Ancho de zona:

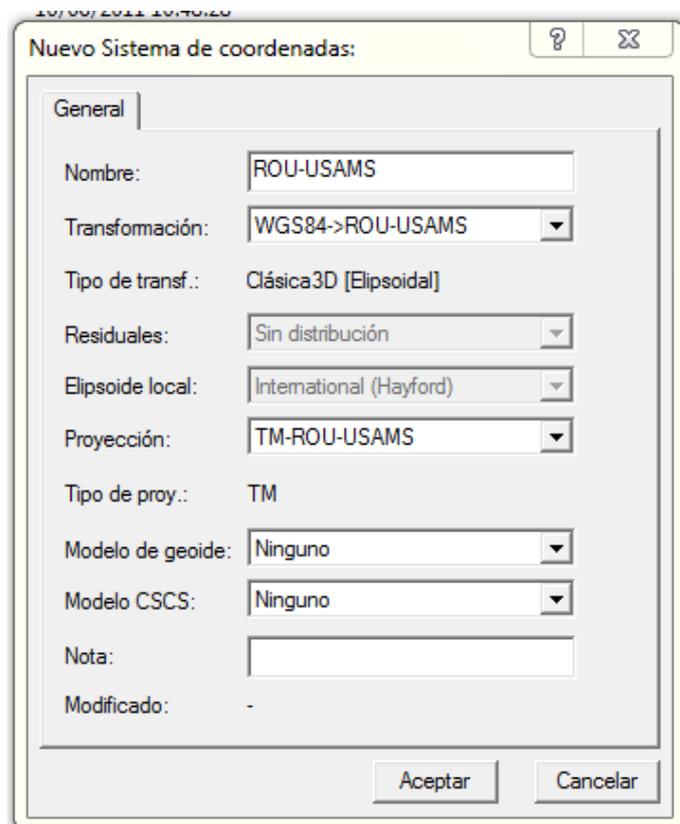
Factor de escala en el origen:

Después se creó la proyección utilizada por el equipo argentino.

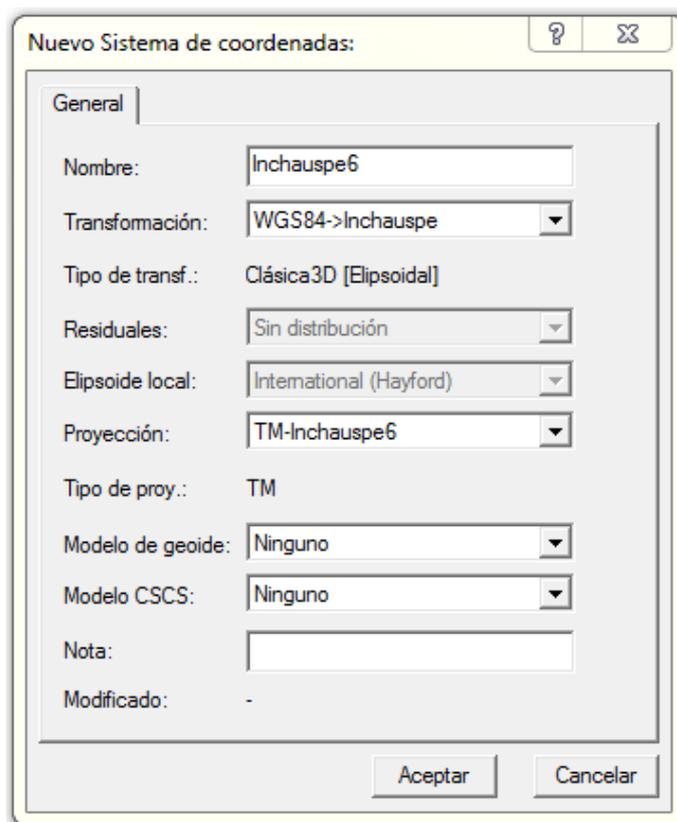


\* Creación de Sistemas de Coordenadas

Se creó un sistema de coordenadas donde se incluyó la primera transformación y la primera proyección. Este sistema fue el utilizado por el equipo uruguayo.



También se creó un sistema de coordenadas que incluyó la segunda transformación y la segunda proyección. Este sistema fue el utilizado por el equipo argentino.



- Utilizando el LGO se proyectó los puntos según la proyección TM-ROU-USAMS en el sistema de referencia ROU-USAMS. Las coordenadas planas obtenidas se exportaron en el archivo ROU-USAMS de valores separados por comas (CSV, del inglés *comma-separated values*).

punto 1:	E = 276852.252m	punto 2:	E = 276693.119m
	N = 6333971.213m		N = 6334952.124m
punto 3:	E = 277411.028m	punto 4:	E = 277533.956m
	N = 6334821.094m		N = 6334094.045m

- Utilizando el LGO se proyectó los puntos según la proyección TM-Inchauspe6 en el sistema de referencia Inchauspe6. Las coordenadas planas obtenidas se exportaron en un archivo Inchauspe6 de valores separados por comas (CSV, del inglés *comma-separated values*).

punto 1:	E = 6388884.884m	punto 2:	E = 6388737.060m
	N = 6335833.903m		N = 6336816.117m
punto 3:	E = 6389453.092m	punto 4:	E = 6389567.635m
	N = 6336676.941m		N = 6335948.867m

- Las coordenadas de estos archivos CSV fueron ingresadas a un software CAD mediante una aplicación de ingreso de puntos. En un archivo CAD se reprodujo el procedimiento que siguieron los equipos.

Figura 1

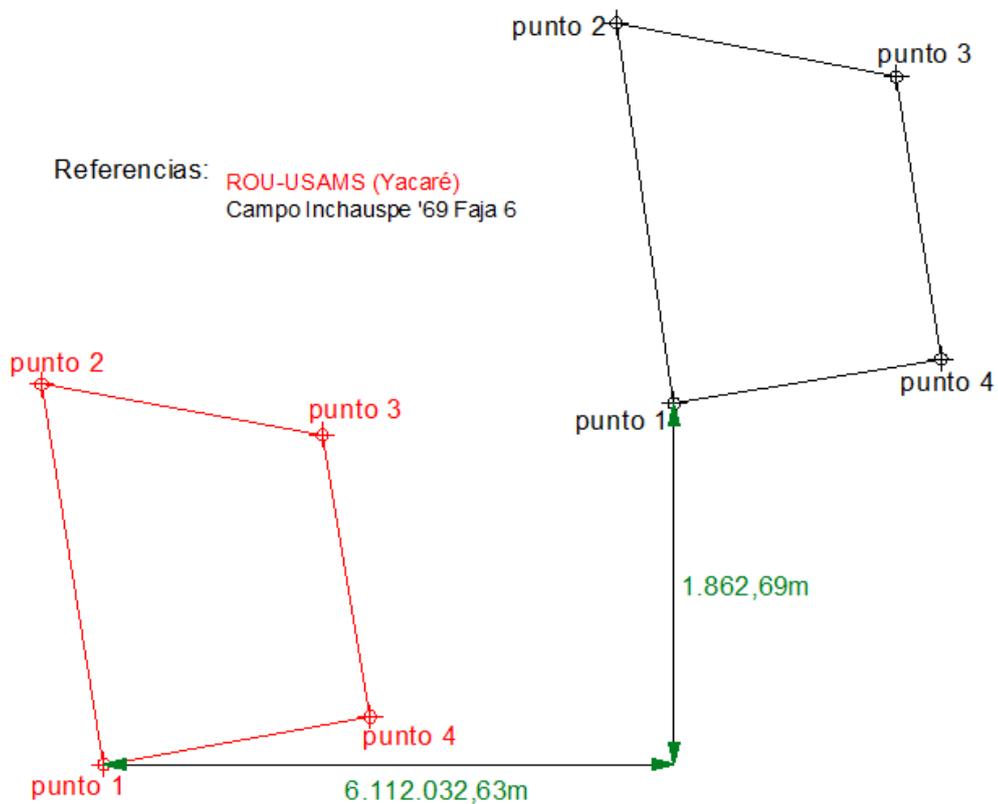
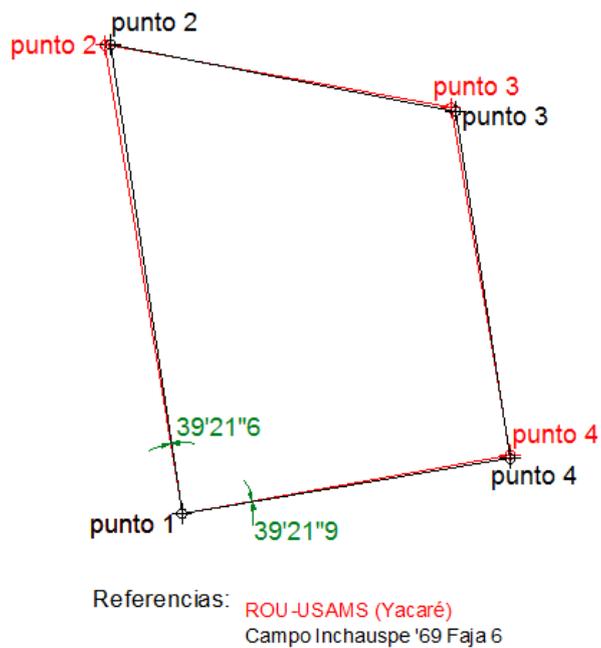
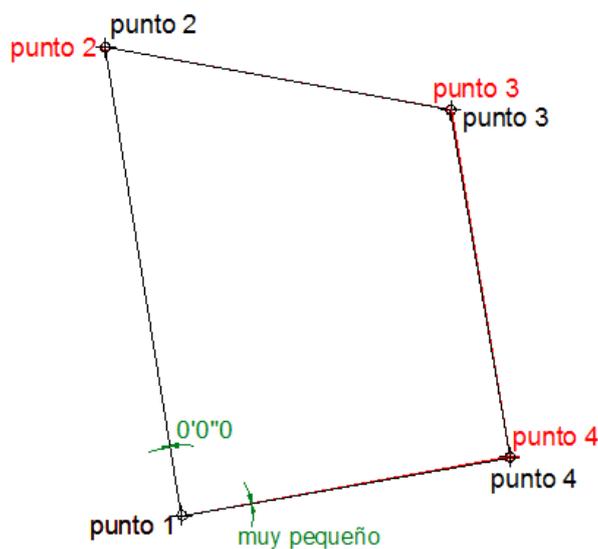


Figura 2



Observar que los puntos en Campo Inchauspe '69 han sido trasladados, para forzar la coincidencia del punto1 en ambos sistemas.

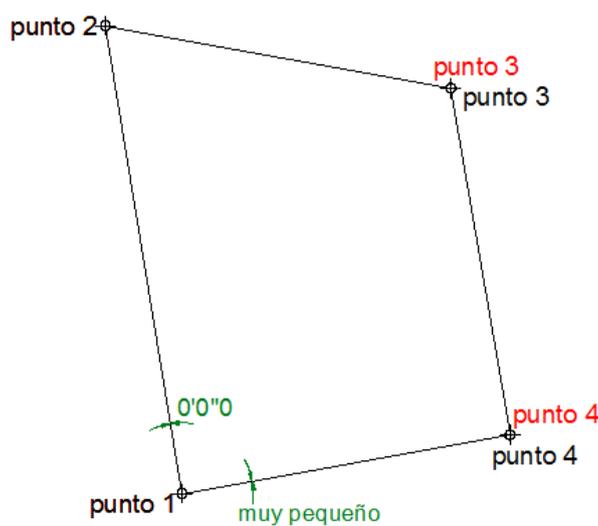
Figura 3



Referencias: ROU-USAMS (Yacaré)  
Campo Inchauspe '69 Faja 6

Observar que los puntos en Campo Inchauspe '69 han sido trasladados y rotados 39'21"6, para hacer coincidir la dirección del segmento punto1-punto2 de ambos sistemas.

Figura 4



Referencias: ROU-USAMS (Yacaré)  
Campo Inchauspe '69 Faja 6

Observar que los puntos en Campo Inchauspe '69 han sido trasladados, rotados y escalados, según el factor determinado por el cociente entre la longitud del segmento punto1-punto2 en ROU-USAMS y la longitud del segmento punto1-punto2 en Campo Inchauspe '69, siendo este factor 1.000463, y así hacer coincidir además del punto1 de ambos sistemas, el punto2.

Se observó en el CAD que los pares de puntos 3 y puntos 4 estrictamente no coincidían.

## ANÁLISIS

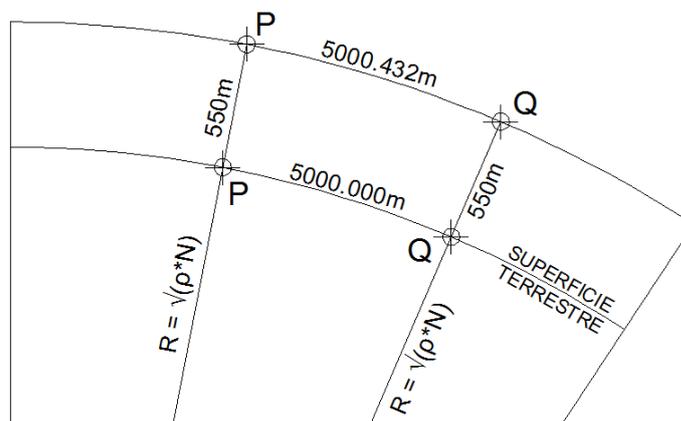
A continuación se presentará los estudios realizados para observar los resultados de aplicar diferentes proyecciones cartográficas a puntos coordenados que representan vértices prediales. Para este análisis se definió tres predios ficticios, los que a su vez fueron copiados obteniendo cinco ubicaciones estratégicas dentro de la República Oriental del Uruguay. La primera se localizó en el Departamento de Rocha, sobre el huso 22 de la proyección UTM y en el extremo Este de la proyección TM-ROU-USAMS. La segunda se ubicó en el Centro Sur de modo que el meridiano central de la proyección TM-ROU-USAMS atravesase la terna de predios por la mitad de cada uno. Al Oeste del territorio nacional y a la misma latitud que la primera ubicación se localizó la tercera, de modo de pertenecer a la zona 21 de la proyección UTM y al extremo Oeste de la proyección TM-ROU-USAMS. La cuarta ubicación se escogió en el Departamento de Cerro Largo, al Norte de las tres anteriores y sobre el extremo Este del huso 21 de la proyección UTM. Finalmente la quinta ubicación correspondió al Departamento de Artigas al Norte del país, y se localizó de manera tal que el meridiano central de la proyección UTM atravesase la terna de predios por la mitad.

### EJEMPLO 1.

Al medir con equipos GNSS se registra la altura elipsoidal o la información necesaria para poder calcularla, por lo que se estudió si en el caso de la realización de planos de mensura de predios rurales es o no necesario considerar este atributo. Es decir, se comparó una longitud considerando que los puntos que la definen tengan una altura de 550m (pues en Uruguay el punto más alto no supera esta altitud) con otra definida por puntos de altitud 0m. Y luego se observará si la discrepancia entre las longitudes supera o no las tolerancias definidas por DNC en la Resolución N°24/96.

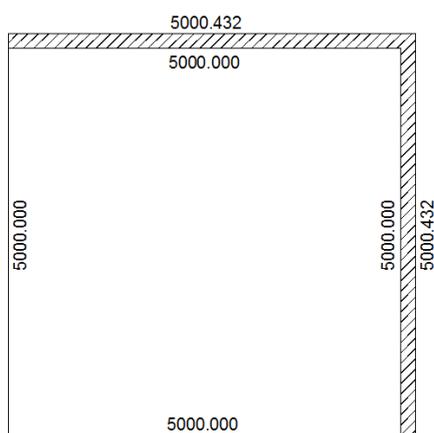
Para esto se consideró que en el entorno de un predio la superficie terrestre (elipsoide) se comporta como una esfera (según el Teorema de Gauss sobre curvatura total). Las infinitas direcciones de los radios que pasan por la zona presentan una divergencia hacia el exterior de la esfera y una convergencia hacia el centro de la Tierra. Por dicha divergencia y como todo el territorio nacional se encuentra por encima del nivel del mar, puede que los predios posean mayor área y mayores deslindes que la/los que se mide/n sobre el elipsoide.

El estudio se realizó considerando dos puntos P y Q, primero sobre una esfera (altura 0m) cuyo radio coincida con el radio medio Gaussiano [ $R_G = \sqrt{(\rho \times N)}$ ] del elipsoide WGS84 para una zona cercana al Cerro Cathedral (punto más alto del país)  $\varphi = 34^{\circ}23' S$ , y luego estos a 550m de altura sobre la esfera. Se le impuso a los puntos P y Q que la distancia entre ellos medida sobre la esfera fuera de 5000.000m.



Cuando se calculó la distancia entre los puntos P y Q, sobre una esfera de radio  $R_G + 550\text{m}$ , esta resultó ser  $5000.432\text{m}$ . Es decir, que para este caso sumamente extremo en Uruguay la diferencia entre ambas longitudes es de  $0.432\text{m}$ , que corresponde a un  $0.009\%$  de la longitud.

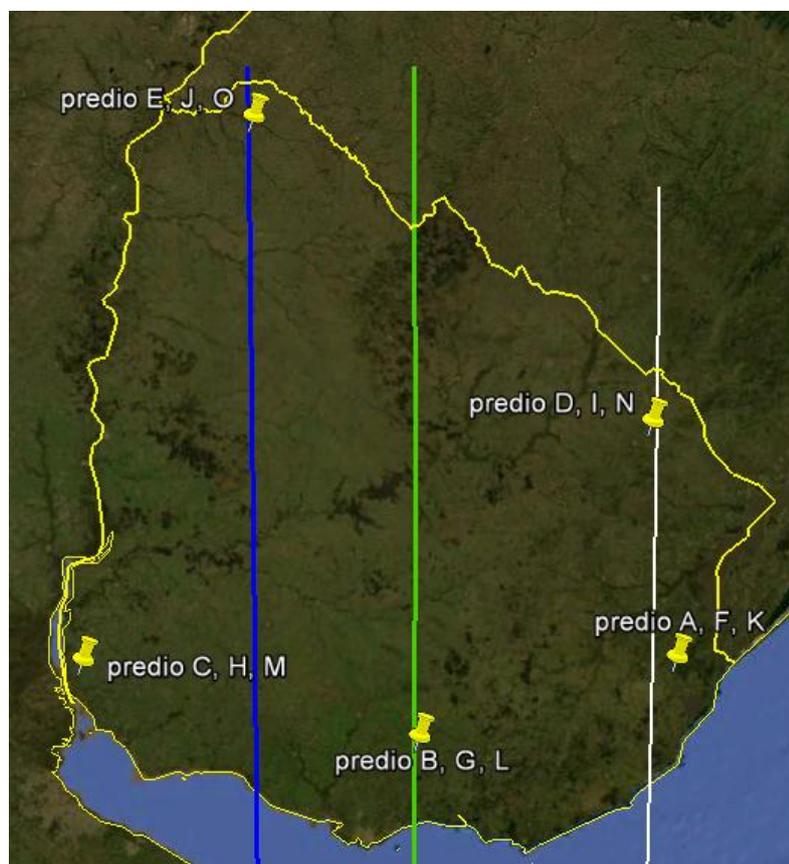
Después se comparó un predio que resulta cuadrado de lado  $5000.432\text{m}$  al proyectarlo según una Transversa de Mercator local, con otro que resulta cuadrado pero de lado  $5000.000\text{m}$  en la misma proyección, y se observó que la diferencia lineal de los lados se traduce a una superficial de  $0.017\%$ .



Gracias a esta comparación se puede observar que para el caso de realizar planos de mensura de predios rurales no es necesario considerar la altura de los vértices del predio mensurado, ya que las diferencias encontradas están holgadamente dentro de los límites de tolerancias de la DNC. Estas observaciones permiten que en los próximos ejemplos se consideren los predios sobre el elipsoide.

## EJEMPLO 2.

Para comparar el efecto de diferentes proyecciones se determinó cinco predios ficticios (A, B, C, D y E) cuyas proyecciones cartográficas locales conformaran un cuadrado de lado 3500m. Esto se llevó a cabo generando cinco proyecciones locales e ingresando el predio cuadrado correspondiente a cada proyección en el software *LEICA Geo Office (LGO)*.



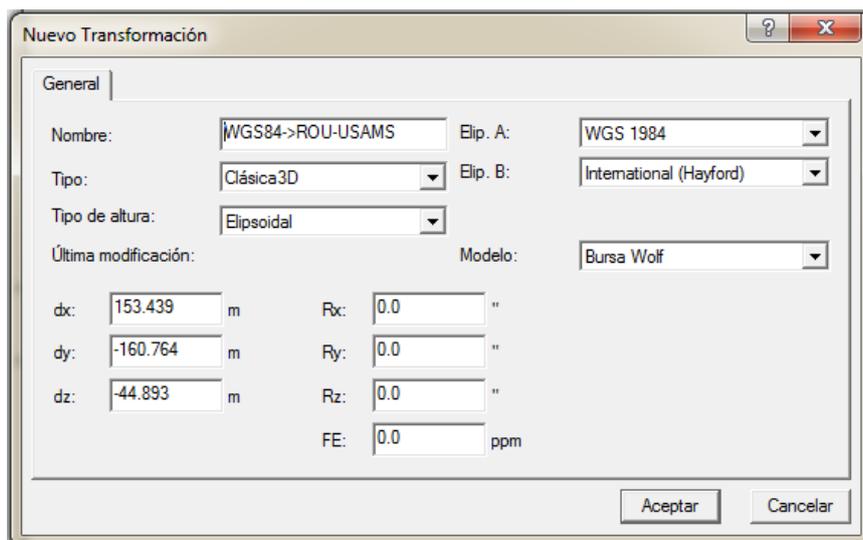
Los demás predios (del F al O) fueron definidos en los ejemplos siguientes.

La línea blanca representa el meridiano de longitud  $54^{\circ}\text{W}$ , que divide las zonas 21 y 22. La verde representa el meridiano de longitud  $55^{\circ}48'\text{W}$  que es además el meridiano central y de contacto de la proyección Gauss-Krüger con el sistema asociado ROU-USAMS. Y la línea azul el meridiano central de la proyección UTM zona 21, de longitud  $57^{\circ}\text{W}$ .

El procedimiento realizado consistió en:

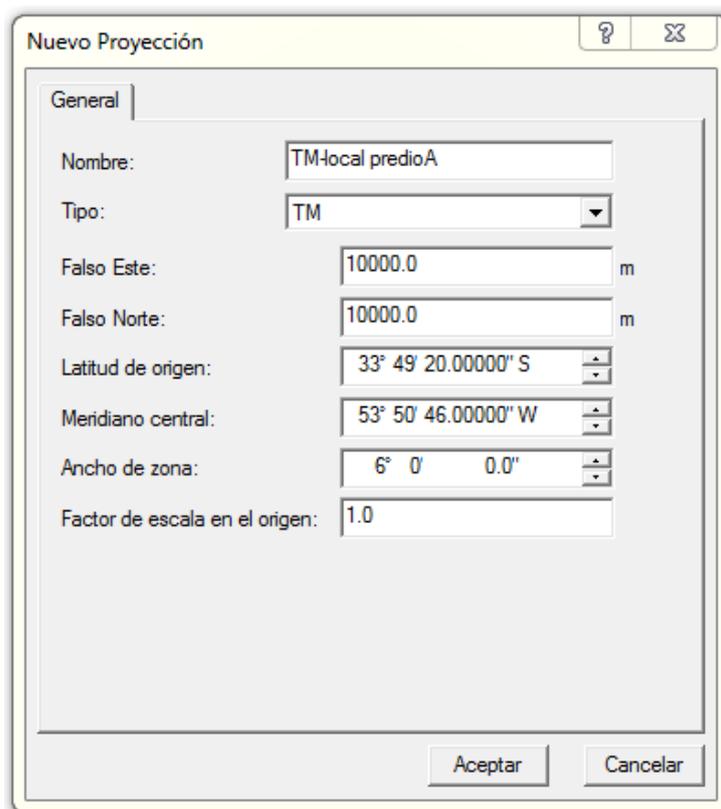
1. Crear cinco proyectos en el LGO llamados "COMPARACIÓN PROYECCIONES A", "COMPARACIÓN PROYECCIONES B", "COMPARACIÓN PROYECCIONES C", "COMPARACIÓN PROYECCIONES D" y "COMPARACIÓN PROYECCIONES E".

2. Generar las transformaciones de datum a utilizar, en este caso sólo se generó la transformación de WGS84 a ROU-USAMS.



### 3. Generar las proyecciones a utilizar:

- Transversa de Mercator local predio A.



- Transversa de Mercator local predio B.

The screenshot shows a dialog box titled 'Nuevo Proyección' with a 'General' tab. The fields are as follows:

Nombre:	TM-local predioB
Tipo:	TM
Falso Este:	20000.0 m
Falso Norte:	20000.0 m
Latitud de origen:	34° 20' 0.00000" S
Meridiano central:	55° 48' 0.00000" W
Ancho de zona:	6° 0' 0.0"
Factor de escala en el origen:	1.0

Buttons: Aceptar, Cancelar

- Transversa de Mercator local predio C.

The screenshot shows a dialog box titled 'Nuevo Proyección' with a 'General' tab. The fields are as follows:

Nombre:	TM-local predioC
Tipo:	TM
Falso Este:	30000.0 m
Falso Norte:	30000.0 m
Latitud de origen:	33° 49' 20.00000" S
Meridiano central:	58° 20' 0.00000" W
Ancho de zona:	6° 0' 0.0"
Factor de escala en el origen:	1.0

Buttons: Aceptar, Cancelar

- Transversa de Mercator local predio D.

The screenshot shows a dialog box titled "Nuevo Proyección" with a "General" tab. The fields are as follows:

Nombre:	TM-local predioD
Tipo:	TM
Falso Este:	40000.0 m
Falso Norte:	40000.0 m
Latitud de origen:	32° 20' 0.00000" S
Meridiano central:	54° 4' 0.00000" W
Ancho de zona:	6° 0' 0.0"
Factor de escala en el origen:	1.0

Buttons: Aceptar, Cancelar

- Transversa de Mercator local predio E.

The screenshot shows a dialog box titled "Nuevo Proyección" with a "General" tab. The fields are as follows:

Nombre:	TM-local predioE
Tipo:	TM
Falso Este:	50000.0 m
Falso Norte:	50000.0 m
Latitud de origen:	30° 25' 0.00000" S
Meridiano central:	57° 0' 0.00000" W
Ancho de zona:	6° 0' 0.0"
Factor de escala en el origen:	1.0

Buttons: Aceptar, Cancelar

- UTM zona 21.

The screenshot shows a dialog box titled "Nuevo Proyección" with a yellow header bar. It contains a "General" tab with the following fields: "Nombre:" with the value "UTM z21"; "Tipo:" with a dropdown menu set to "UTM"; "Número de zona:" with a spinner box set to "21"; "Meridiano central:" with a text box containing "57° 0' 0.00000" W"; and "Hemisferio:" with a dropdown menu set to "Sur". At the bottom right, there are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

- UTM zona 22.

The screenshot shows a dialog box titled "Nuevo Proyección" with a yellow header bar. It contains a "General" tab with the following fields: "Nombre:" with the value "UTM z22"; "Tipo:" with a dropdown menu set to "UTM"; "Número de zona:" with a spinner box set to "22"; "Meridiano central:" with a text box containing "51° 0' 0.00000" W"; and "Hemisferio:" with a dropdown menu set to "Sur". At the bottom right, there are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

- Transversa de Mercator ROU-USAMS.

The image shows a dialog box titled "Nuevo Proyección" with a "General" tab. The fields are as follows:

Nombre:	TM-ROU-USAMS
Tipo:	TM
Falso Este:	500000.0 m
Falso Norte:	0.0 m
Latitud de origen:	90° 0' 0.00000" S
Meridiano central:	55° 48' 0.00000" W
Ancho de zona:	6° 0' 0.0"
Factor de escala en el origen:	1.0

Buttons: Aceptar, Cancelar

4. Crear los sistemas de coordenadas según la proyección y según la transformación si correspondiere.

- Sistema de coordenadas para la proyección Transversa Mercator local para el predioA.

The image shows a dialog box titled "Nuevo Sistema de coordenadas:" with a "General" tab. The fields are as follows:

Nombre:	WGS84 TM-local predioA
Transformación:	Ninguno
Tipo de transf.:	[-]
Residuales:	Sin distribución
Elipsoide local:	WGS 1984
Proyección:	TM-local predioA
Tipo de proy.:	TM
Modelo de geoide:	Ninguno
Modelo CSCS:	Ninguno
Nota:	
Modificado:	-

Buttons: Aceptar, Cancelar

- Sistema de coordenadas para la proyección Transversa Mercator local para el predioB.

The screenshot shows a dialog box titled "Nuevo Sistema de coordenadas:" with a "General" tab selected. The fields are as follows:

Nombre:	WGS84 TM-local predioB
Transformación:	Ninguno
Tipo de transf.:	[-]
Residuales:	Sin distribución
Elipsoide local:	WGS 1984
Proyección:	TM-local predioB
Tipo de proy.:	TM
Modelo de geoide:	Ninguno
Modelo CSCS:	Ninguno
Nota:	
Modificado:	-

Buttons: Aceptar, Cancelar

- Sistema de coordenadas para la proyección Transversa Mercator local para el predioC.

The screenshot shows a dialog box titled "Nuevo Sistema de coordenadas:" with a "General" tab selected. The fields are as follows:

Nombre:	WGS84 TM-local predioC
Transformación:	Ninguno
Tipo de transf.:	[-]
Residuales:	Sin distribución
Elipsoide local:	WGS 1984
Proyección:	TM-local predioC
Tipo de proy.:	TM
Modelo de geoide:	Ninguno
Modelo CSCS:	Ninguno
Nota:	
Modificado:	-

Buttons: Aceptar, Cancelar

- Sistema de coordenadas para la proyección Transversa Mercator local para el predioD.

The screenshot shows a dialog box titled "Nuevo Sistema de coordenadas:" with a "General" tab. The fields are as follows:

Nombre:	WGS84 TM-local predioD
Transformación:	Ninguno
Tipo de transf.:	[-]
Residuales:	Sin distribución
Elipsoide local:	WGS 1984
Proyección:	TM-local predioD
Tipo de proy.:	TM
Modelo de geoide:	Ninguno
Modelo CSCS:	Ninguno
Nota:	
Modificado:	-

Buttons: Aceptar, Cancelar

- Sistema de coordenadas para la proyección Transversa Mercator local para el predioE.

The screenshot shows a dialog box titled "Nuevo Sistema de coordenadas:" with a "General" tab. The fields are as follows:

Nombre:	WGS84 TM-local predioE
Transformación:	Ninguno
Tipo de transf.:	[-]
Residuales:	Sin distribución
Elipsoide local:	WGS 1984
Proyección:	TM-local predioE
Tipo de proy.:	TM
Modelo de geoide:	Ninguno
Modelo CSCS:	Ninguno
Nota:	
Modificado:	-

Buttons: Aceptar, Cancelar

- Sistema de coordenadas para la proyección UTM zona 21.

The image shows a software dialog box titled "Nuevo Sistema de coordenadas:". It has a "General" tab selected. The fields are as follows:

Nombre:	WGS84 UTMz21
Transformación:	Ninguno
Tipo de transf.:	[-]
Residuales:	Sin distribución
Elipsoide local:	WGS 1984
Proyección:	UTM z21
Tipo de proy.:	UTM
Modelo de geoide:	Ninguno
Modelo CSCS:	Ninguno
Nota:	
Modificado:	-

At the bottom right, there are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

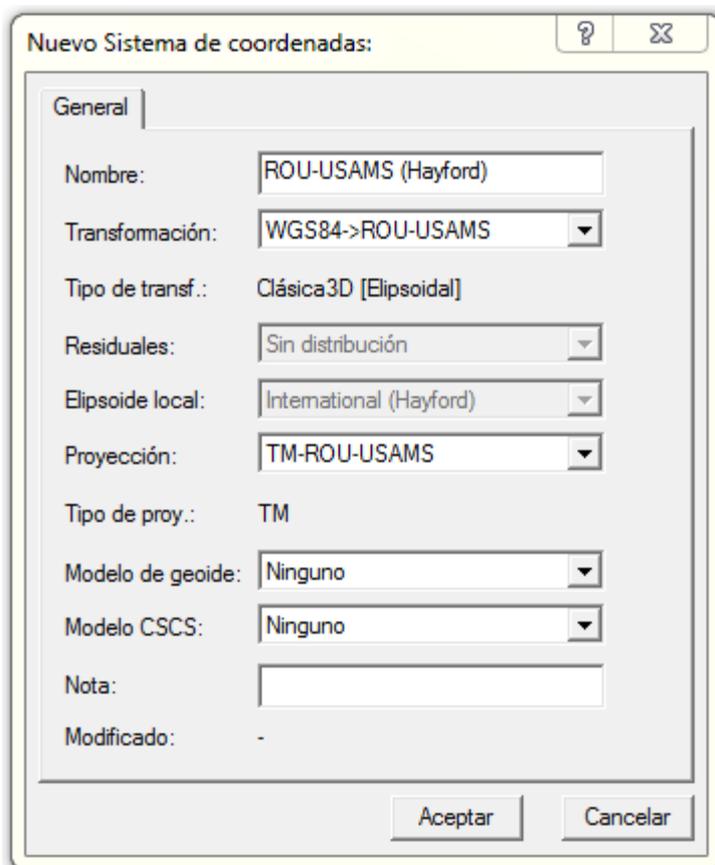
- Sistema de coordenadas para la proyección UTM zona 22.

The image shows a software dialog box titled "Nuevo Sistema de coordenadas:". It has a "General" tab selected. The fields are as follows:

Nombre:	WGS84 UTMz22
Transformación:	Ninguno
Tipo de transf.:	[-]
Residuales:	Sin distribución
Elipsoide local:	WGS 1984
Proyección:	UTM z22
Tipo de proy.:	UTM
Modelo de geoide:	Ninguno
Modelo CSCS:	Ninguno
Nota:	
Modificado:	-

At the bottom right, there are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

- Sistema de coordenadas para la proyección TM-ROU-USAMS.



5. Ingresar coordenadas planas de los vértices de los predios A, B, C, D y E en cada una de las proyecciones locales, en su proyecto correspondiente.

Predio A

A1:	E = 8250.000m	A2:	E = 8250.000m
	N = 8250.000m		N = 11750.000m
A3:	E = 11750.000m	A4:	E = 11750.000m
	N = 11750.000m		N = 8250.000m

Predio B

B1:	E = 18250.000m	B2:	E = 18250.000m
	N = 18250.000m		N = 21750.000m
B3:	E = 21750.000m	B4:	E = 21750.000m
	N = 21750.000m		N = 18250.000m

Predio C

C1:	E = 28250.000m	C2:	E = 28250.000m
	N = 28250.000m		N = 31750.000m
C3:	E = 31750.000m	C4:	E = 31750.000m
	N = 31750.000m		N = 28250.000m

Predio D

D1:	E = 38250.000m N = 38250.000m	D2:	E = 38250.000m N = 41750.000m
D3:	E = 41750.000m N = 41750.000m	D4:	E = 41750.000m N = 38250.000m

Predio E

E1:	E = 48250.000m N = 48250.000m	E2:	E = 48250.000m N = 51750.000m
E3:	E = 51750.000m N = 51750.000m	E4:	E = 51750.000m N = 48250.000m

6. Obtener las coordenadas geodésicas en WGS84 de los predios.

Predio A

A1:	$\varphi = 33^\circ 50' 16''79282 \text{ S}$ $\lambda = 53^\circ 51' 54''06411 \text{ O}$	A2:	$\varphi = 33^\circ 48' 23''19660 \text{ S}$ $\lambda = 53^\circ 51' 54''03911 \text{ O}$
A3:	$\varphi = 33^\circ 48' 23''19660 \text{ S}$ $\lambda = 53^\circ 49' 37''69089 \text{ O}$	A4:	$\varphi = 33^\circ 50' 16''79282 \text{ S}$ $\lambda = 53^\circ 49' 37''93589 \text{ O}$

Predio B

B1:	$\varphi = 34^\circ 20' 56''78799 \text{ S}$ $\lambda = 55^\circ 49' 08''47444 \text{ O}$	B2:	$\varphi = 34^\circ 19' 03''20123 \text{ S}$ $\lambda = 55^\circ 49' 08''44881 \text{ O}$
B3:	$\varphi = 34^\circ 19' 03''20123 \text{ S}$ $\lambda = 55^\circ 46' 51''55119 \text{ O}$	B4:	$\varphi = 34^\circ 20' 56''78799 \text{ S}$ $\lambda = 55^\circ 46' 51''52556 \text{ O}$

Predio C

C1:	$\varphi = 33^\circ 50' 16''79282 \text{ S}$ $\lambda = 58^\circ 21' 08''06411 \text{ O}$	C2:	$\varphi = 33^\circ 48' 23''19660 \text{ S}$ $\lambda = 58^\circ 21' 08''03911 \text{ O}$
C3:	$\varphi = 33^\circ 48' 23''19660 \text{ S}$ $\lambda = 58^\circ 18' 51''96089 \text{ O}$	C4:	$\varphi = 33^\circ 50' 16''79282 \text{ S}$ $\lambda = 58^\circ 18' 51''93589 \text{ O}$

Predio D

D1:	$\varphi = 32^\circ 20' 56''80669 \text{ S}$ $\lambda = 54^\circ 05' 06''90311 \text{ O}$	D2:	$\varphi = 32^\circ 19' 03''18331 \text{ S}$ $\lambda = 54^\circ 05' 06''90311 \text{ O}$
D3:	$\varphi = 32^\circ 19' 03''18331 \text{ S}$ $\lambda = 54^\circ 02' 53''09689 \text{ O}$	D4:	$\varphi = 32^\circ 20' 56''80669 \text{ S}$ $\lambda = 54^\circ 02' 53''07366 \text{ O}$

Predio E

E1: $\varphi = 30^{\circ} 25' 56''82405 S$	E2: $\varphi = 30^{\circ} 24' 03''16667 S$
$\lambda = 57^{\circ} 01' 05''58046 O$	$\lambda = 57^{\circ} 01' 05''55936 O$
E3: $\varphi = 30^{\circ} 24' 03''16667 S$	E4: $\varphi = 30^{\circ} 25' 56''82405 S$
$\lambda = 56^{\circ} 58' 54''44064 O$	$\lambda = 56^{\circ} 58' 54''41954 O$

7. Proyectar el predio según las restantes proyecciones, en su proyecto correspondiente.

8. Observar los rumbos y distancias entre los vértices en el LGO.

- En el elipsoide

	dist. geodésica (m)	azimut		dist. geodésica (m)	azimut		dist. geodésica (m)	azimut
A1 -> A2	3499.9998	0 <sup>o</sup> 0'37"9	C1 -> C2	3499.9998	0 <sup>o</sup> 0'37"9	E1 -> E2	3499.9998	0 <sup>o</sup> 0'33"2
A2 -> A3	3500.0000	90 <sup>o</sup> 0'37"9	C2 -> C3	3500.0000	90 <sup>o</sup> 0'37"9	E2 -> E3	3500.0000	90 <sup>o</sup> 0'33"2
A3 -> A4	3499.9999	179 <sup>o</sup> 59'22"1	C3 -> C4	3499.9999	179 <sup>o</sup> 59'22"1	E3 -> E4	3499.9999	179 <sup>o</sup> 59'26"8
A4 -> A1	3500.0000	269 <sup>o</sup> 59'22"1	C4 -> C1	3500.0000	269 <sup>o</sup> 59'22"1	E4 -> E1	3500.0000	269 <sup>o</sup> 59'26"8
B1 -> B2	3499.9998	0 <sup>o</sup> 0'38"6	D1 -> D2	3499.9998	0 <sup>o</sup> 0'35"8			
B2 -> B3	3500.0000	90 <sup>o</sup> 0'38"6	D2 -> D3	3500.0000	90 <sup>o</sup> 0'35"8			
B3 -> B4	3499.9999	179 <sup>o</sup> 59'21"4	D3 -> D4	3499.9999	179 <sup>o</sup> 59'24"2			
B4 -> B1	3500.0000	269 <sup>o</sup> 59'21"4	D4 -> D1	3500.0000	269 <sup>o</sup> 59'24"2			

En este caso se observa que las dimensiones de los segmentos de recta en la dirección Norte-Sur son sutilmente menores que en la proyección local, y que además existe una deformación en los azimut debido a la convergencia de los meridianos, con el mismo sentido y de similar magnitud en los cinco casos.

- TM locales

	dist. plana (m)	azimut		dist. plana (m)	azimut		dist. plana (m)	azimut
A1 -> A2	3500.0000	0 <sup>o</sup> 0'00"0	C1 -> C2	3500.0000	0 <sup>o</sup> 0'00"0	E1 -> E2	3500.0000	0 <sup>o</sup> 0'00"0
A2 -> A3	3500.0000	90 <sup>o</sup> 0'00"0	C2 -> C3	3500.0000	90 <sup>o</sup> 0'00"0	E2 -> E3	3500.0000	90 <sup>o</sup> 0'00"0
A3 -> A4	3500.0000	180 <sup>o</sup> 0'00"0	C3 -> C4	3500.0000	180 <sup>o</sup> 0'00"0	E3 -> E4	3500.0000	180 <sup>o</sup> 0'00"0
A4 -> A1	3500.0000	270 <sup>o</sup> 0'00"0	C4 -> C1	3500.0000	270 <sup>o</sup> 0'00"0	E4 -> E1	3500.0000	270 <sup>o</sup> 0'00"0
B1 -> B2	3500.0000	0 <sup>o</sup> 0'00"0	D1 -> D2	3500.0000	0 <sup>o</sup> 0'00"0			
B2 -> B3	3500.0000	90 <sup>o</sup> 0'00"0	D2 -> D3	3500.0000	90 <sup>o</sup> 0'00"0			
B3 -> B4	3500.0000	180 <sup>o</sup> 0'00"0	D3 -> D4	3500.0000	180 <sup>o</sup> 0'00"0			
B4 -> B1	3500.0000	270 <sup>o</sup> 0'00"0	D4 -> D1	3500.0000	270 <sup>o</sup> 0'00"0			

Según esta proyección se definió el predio, por eso es que se observan estos valores.

- UTM

zona 22	dist. plana (m)	azimut	zona 21	dist. plana (m)	azimut	zona 21	dist. plana (m)	azimut
A1 -> A2	3501.6341	358 <sup>o</sup> 24'53"5	C1 -> C2	3499.2756	359 <sup>o</sup> 15'27"9	E1 -> E2	3498.6000	0 <sup>o</sup> 0'00"0
A2 -> A3	3501.5954	88 <sup>o</sup> 24'56"0	C2 -> C3	3499.2572	89 <sup>o</sup> 15'29"0	E2 -> E3	3498.6000	90 <sup>o</sup> 0'00"0
A3 -> A4	3501.5545	178 <sup>o</sup> 24'53"7	C3 -> C4	3499.2383	179 <sup>o</sup> 15'27"9	E3 -> E4	3498.6000	180 <sup>o</sup> 0'00"0
A4 -> A1	3501.5932	268 <sup>o</sup> 24'51"3	C4 -> C1	3499.2567	269 <sup>o</sup> 15'26"8	E4 -> E1	3498.6000	270 <sup>o</sup> 0'00"0
zona 21			zona 21					
B1 -> B2	3499.109	0 <sup>o</sup> 40'36"7	D1 -> D2	3501.8492	1 <sup>o</sup> 34'11"5			
B2 -> B3	3499.1259	90 <sup>o</sup> 40'35"8	D2 -> D3	3501.8921	91 <sup>o</sup> 34'09"1			
B3 -> B4	3499.1423	180 <sup>o</sup> 40'36"8	D3 -> D4	3501.9327	181 <sup>o</sup> 34'11"6			
B4 -> B1	3499.1255	270 <sup>o</sup> 40'37"7	D4 -> D1	3501.8898	271 <sup>o</sup> 34'14"0			

Aquí se puede observar que en los predios A y D las dimensiones de todos los segmentos aumentaron y en los restantes disminuyeron. Esto se corresponde al coeficiente de deformación lineal de la proyección UTM que se muestra en el MARCO TEÓRICO. Además se observa que los azimut de los predios B y D aumentan, los de A y C disminuyen y los de E se mantienen ya que su meridiano central coincide con el

de la UTM zona 21. En el caso de los predios B y D esto ocurre por encontrarse al Este del meridiano central de la UTM zona 21 y para A y C por encontrarse al Oeste del meridiano central de la zona que corresponde (zona 22 para A), y se puede comprobar con la convergencia que se muestra en el *MARCO TEÓRICO*.

- TM-ROU-USAMS

	dist. plana (m)	azimut		dist. plana (m)	azimut		dist. plana (m)	azimut
A1 -> A2	3501.3927	1905'16"3	C1 -> C2	3502.4171	358°35'21"3	E1 -> E2	3500.5999	359°23'32"6
A2 -> A3	3501.4205	91°05'14"7	C2 -> C3	3502.3825	88°35'23"4	E2 -> E3	3500.5827	89°23'33"6
A3 -> A4	3501.4473	181°05'16"3	C3 -> C4	3502.3462	178°35'21"4	E3 -> E4	3500.5651	179°23'32"6
A4 -> A1	3501.4195	271°05'17"9	C4 -> C1	3502.3807	268°35'19"2	E4 -> E1	3500.5823	269°23'31"6
B1 -> B2	3500.0086	0°00'00"0	D1 -> D2	3501.1331	0°55'38"1			
B2 -> B3	3500.0086	90°00'00"0	D2 -> D3	3501.1582	90°55'36"7			
B3 -> B4	3500.0086	180°00'00"0	D3 -> D4	3501.1824	180°55'38"2			
B4 -> B1	3500.0086	270°00'00"0	D4 -> D1	3501.1574	270°55'39"6			

En esta proyección todas las medidas lineales aumentan, pero en diferente medida dependiendo de la ubicación del predio, esto es lógico ya que esta proyección es una proyección tangente, además de ser coherente con el esquema de deformación lineal del *MARCO TEÓRICO*. En el caso de los predios A y D los azimut aumentan, en B se mantienen iguales y en C y E disminuyen. Esto sucede ya que los predios A y D se encuentran el Este del meridiano central o de contacto en este caso y los predios C y E al Oeste. Y se puede comprobar con la convergencia que se muestra en el *MARCO TEÓRICO*.

9. Exportar las coordenadas planas de los vértices de cada predio según cada sistema de coordenadas en diferentes archivos CSV. Luego agruparlos en archivos según la proyección cartográfica.

UTMzona21		
Vértice	E (m)	N (m)
B1	608615.517	6198502.891
B2	608656.854	6202001.756
B3	612155.736	6201960.436
B4	612114.399	6198461.538
C1	374882.556	6254983.997
C2	374837.225	6258482.979
C3	378336.189	6258528.291
C4	378381.519	6255029.346
D1	774315.684	6417131.241
D2	774411.619	6420631.776
D3	777912.198	6420535.880
D4	777816.258	6417035.262
E1	498250.700	6633293.839
E2	498250.700	6636792.439
E3	501749.300	6636792.439
E4	501749.300	6633293.839

UTMzona22		
Vértice	E (m)	N (m)
A1	234878.317	6252113.299
A2	234781.454	6255613.594
A3	238281.711	6255710.414
A4	238378.569	6252210.200

ROU-USAMS		
Vértice	E (m)	N (m)
A1	679151.577	6254854.065
A2	679218.052	6258354.827
A3	682718.842	6258288.377
A4	682652.365	6254787.561
B1	498286.539	6199843.959
B2	498286.539	6203343.967
B3	501786.548	6203343.967
B4	501786.548	6199843.959
C1	263771.236	6253607.231
C2	263685.007	6257108.586
C3	267186.328	6257194.778
C4	267272.554	6253693.493
D1	661461.789	6420372.808
D2	661518.448	6423873.483
D3	665019.148	6423816.847
D4	664962.487	6420316.124
E1	383003.693	6633548.107
E2	382966.570	6637048.510
E3	386466.956	6637085.614
E4	386504.078	6633585.246

**10.** Ingresar las coordenadas de estos archivos CSV en un software CAD mediante una aplicación de ingreso de puntos.

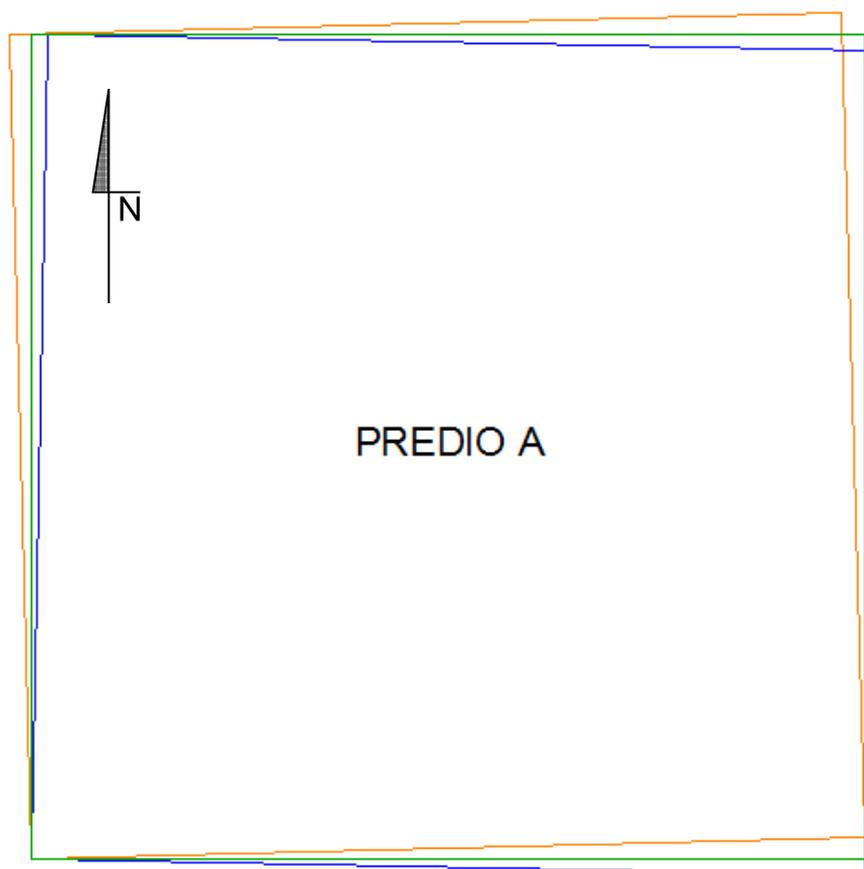
Predio A

- Comparación TM local, TM-ROU-USAMS y UTM zona 22.

En todos los esquemas de comparación entre los resultados de las proyecciones para cada predio el cuadrado verde (área = 1225Ha) es el que resulta de la proyección local del predio en cuestión y el Norte indicado es el “Norte de la Carta”, que representa la dirección del meridiano central en todas las proyecciones.

En este caso la figura naranja es el resultado de la proyección UTM zona 22 y la azul el resultado de la proyección TM-ROU-USAMS.

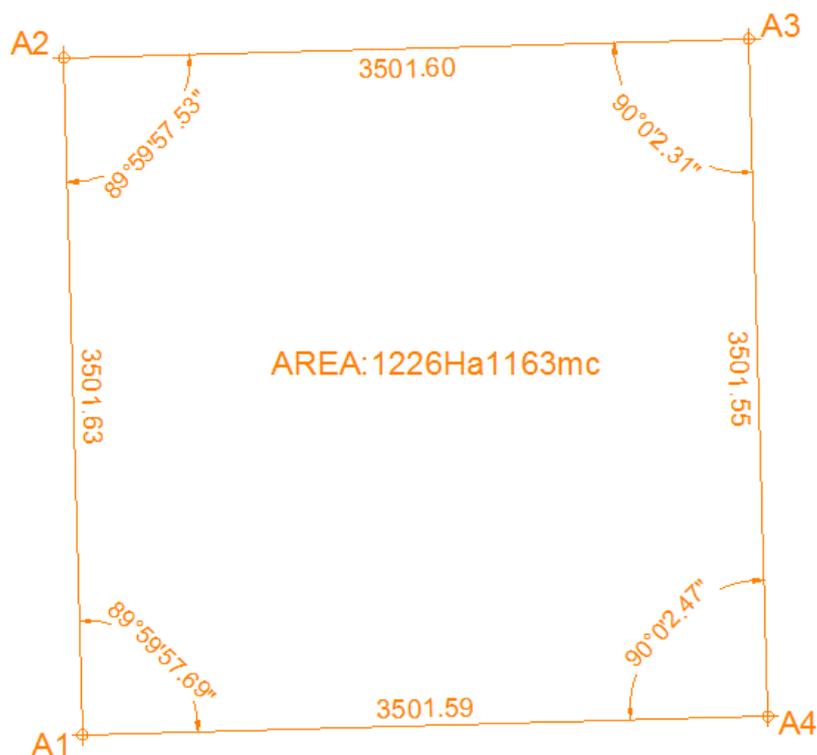
En las comparaciones posteriores no se proyecta según UTM zona 22, sino según la zona 21, ya que estos predios pertenecen al huso 21 de la proyección, y se representan con la figura roja.



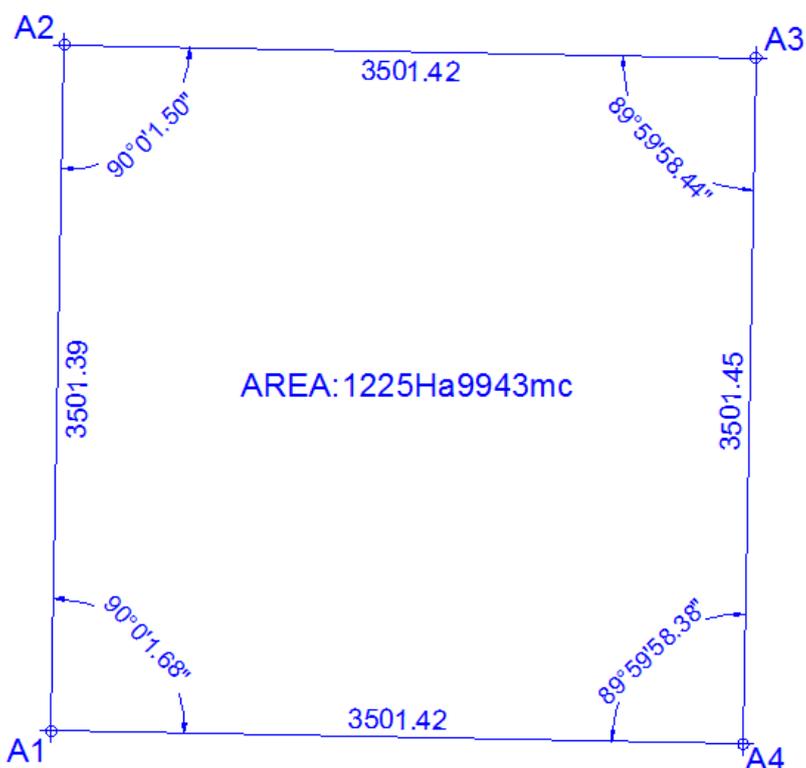
En este caso es notoria la diferencia de rumbos de los límites del predio comparando los resultados de las distintas proyecciones cartográficas.

En las siguientes dos figuras se observa las diferencias de deslindes, ángulos del predio y de áreas. Es de destacar que para el caso en estudio (planos de mensura rurales) las diferencias de superficie y deslindes no sobrepasan los límites de tolerancia definidas para el cotejo de planos en la DNC.

- UTM zona 22.



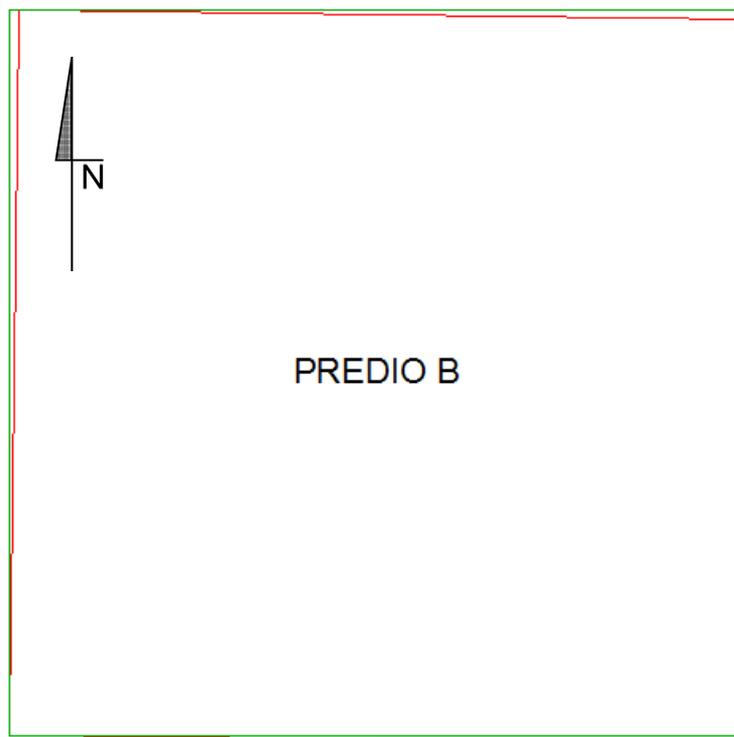
- TM-ROU-USAMS.



Se observa que existe un pequeño cambio en tamaño, siendo más notorio aún el cambio en la forma del predio.

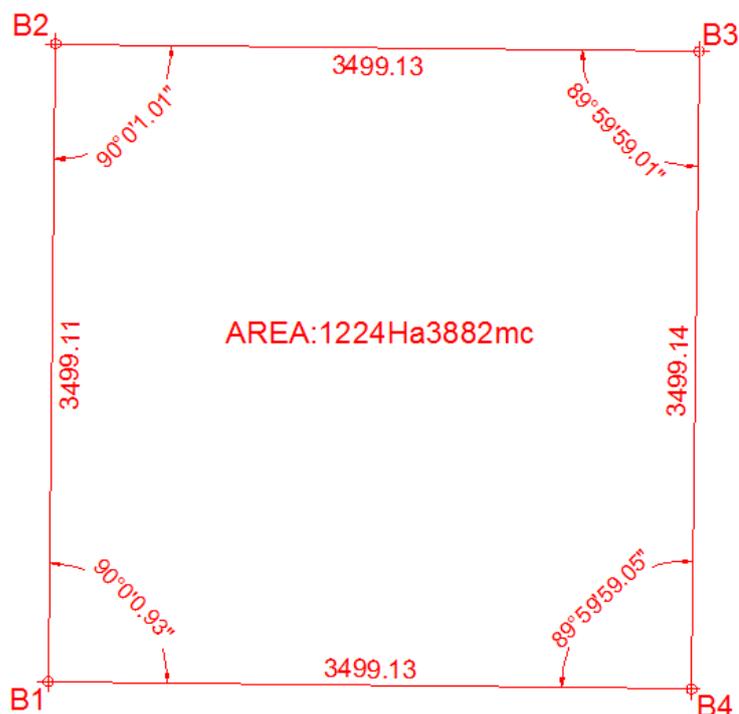
Predio B

- Comparación TM local, TM-ROU-USAMS y UTM zona 21. A causa de la escala de esta figura no se aprecia que existe una diferencia entre el polígono azul y el cuadrado verde, ya que es muy pequeña y es causada por la diferencia entre los datum, pues la definición de la proyección es la misma para ambos casos.

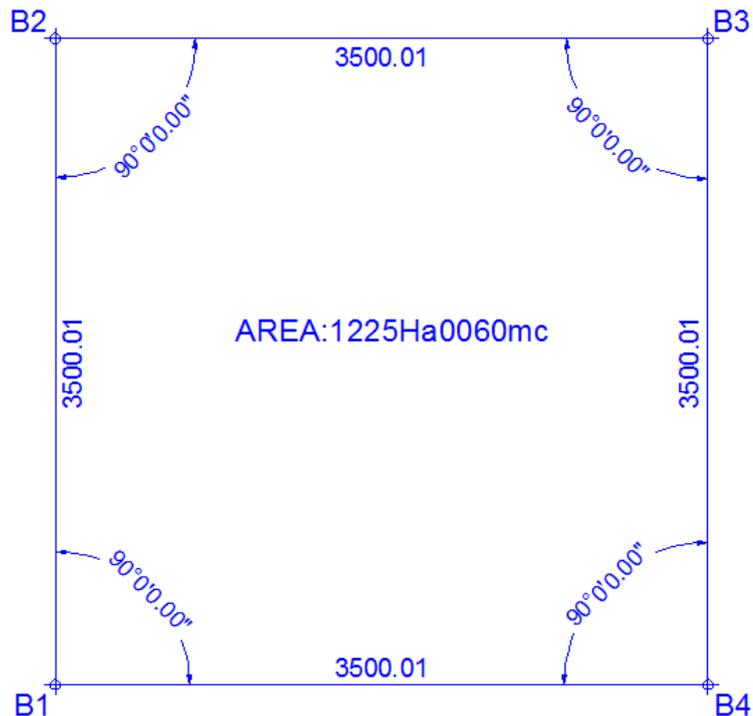


En este caso es notoria la diferencia de rumbos de los límites del predio comparando los resultados de la proyección local o la TM-ROU-USAMS con la UTM.

- UTM zona 21.



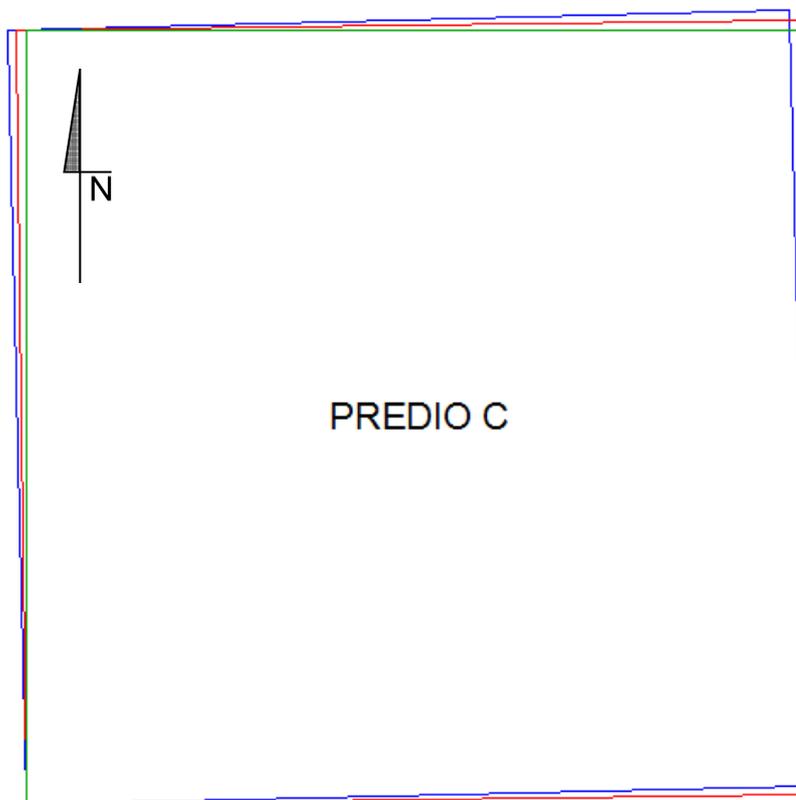
- TM-ROU-USAMS.



Se observa que existe un pequeño cambio en tamaño, siendo más notorio aún el cambio en la forma del predio.

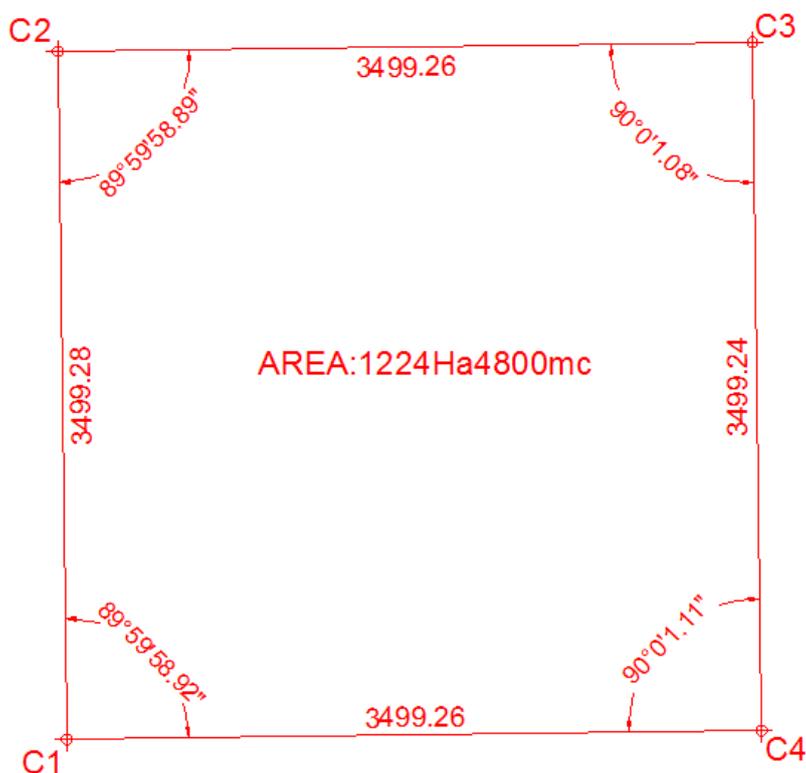
Predio C

- Comparación TM local, TM-ROU-USAMS y UTM zona 21.

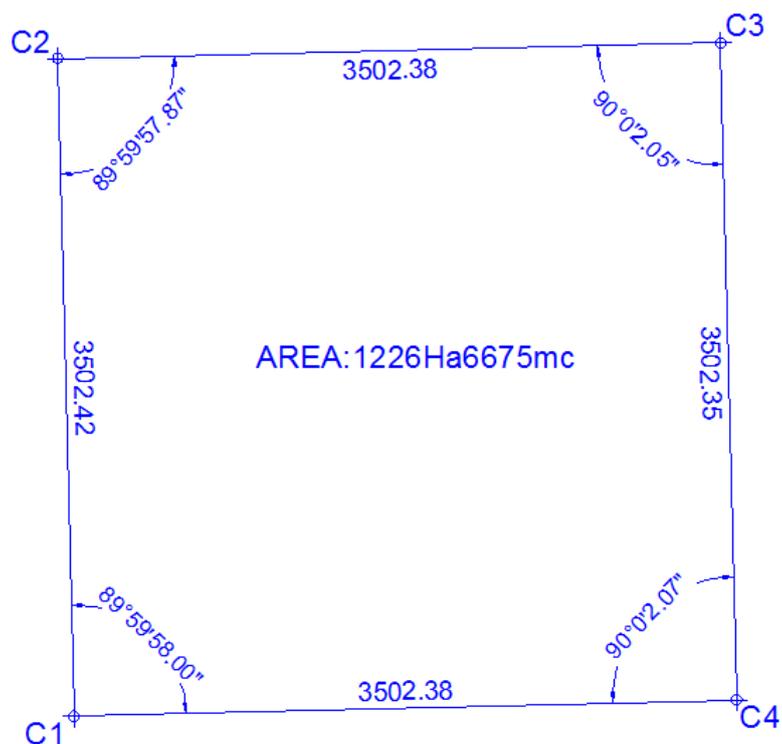


En este caso es notoria la diferencia de rumbos de los límites del predio comparando los resultados de las distintas proyecciones cartográficas.

- UTM zona 21.



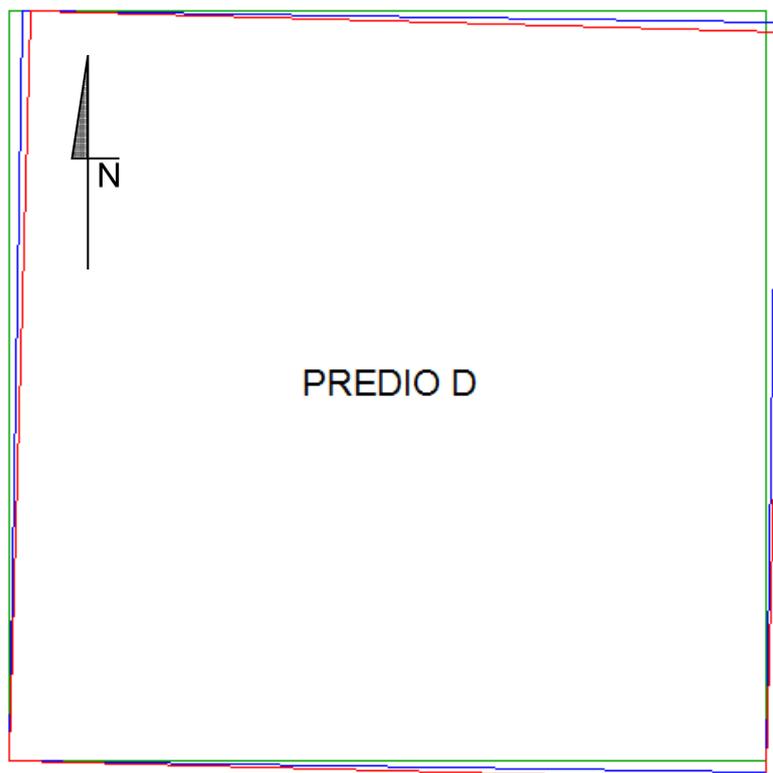
- TM-ROU-USAMS.



Se observa que existe un pequeño cambio en tamaño, siendo más notorio aún el cambio en la forma del predio.

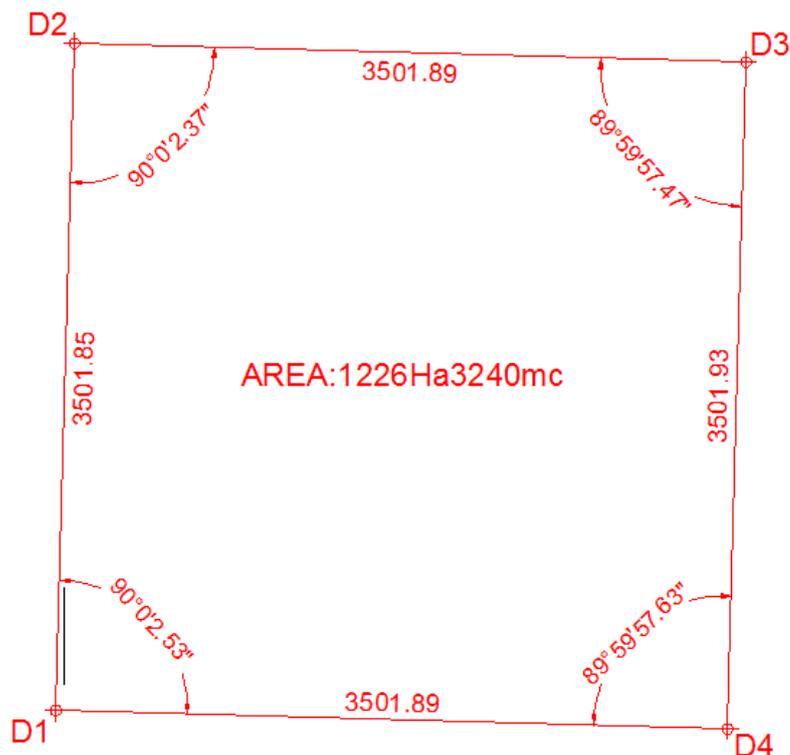
Predio D

- Comparación TM local, TM-ROU-USAMS y UTM zona 21.

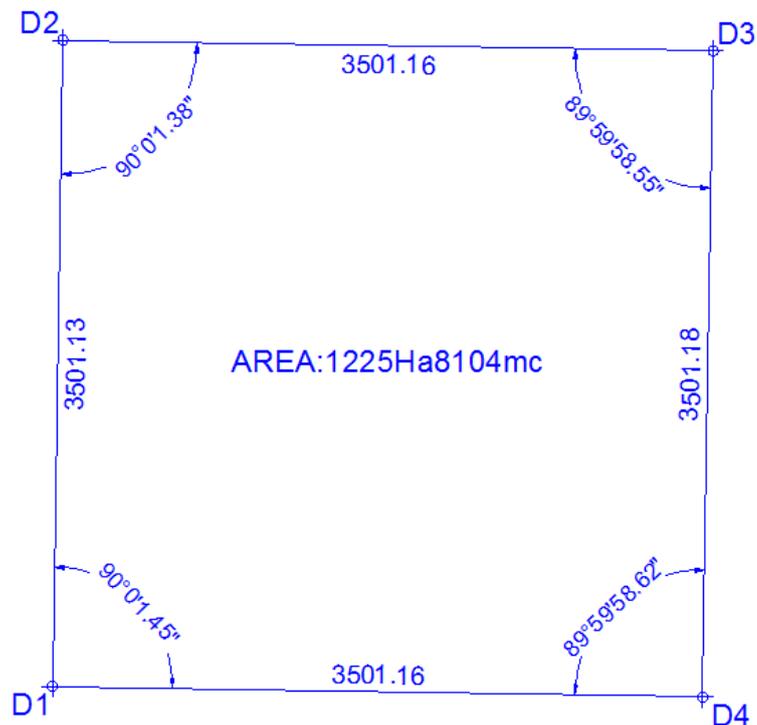


En este caso es notoria la diferencia de rumbos de los límites del predio comparando los resultados de las distintas proyecciones cartográficas.

- UTM zona 21.



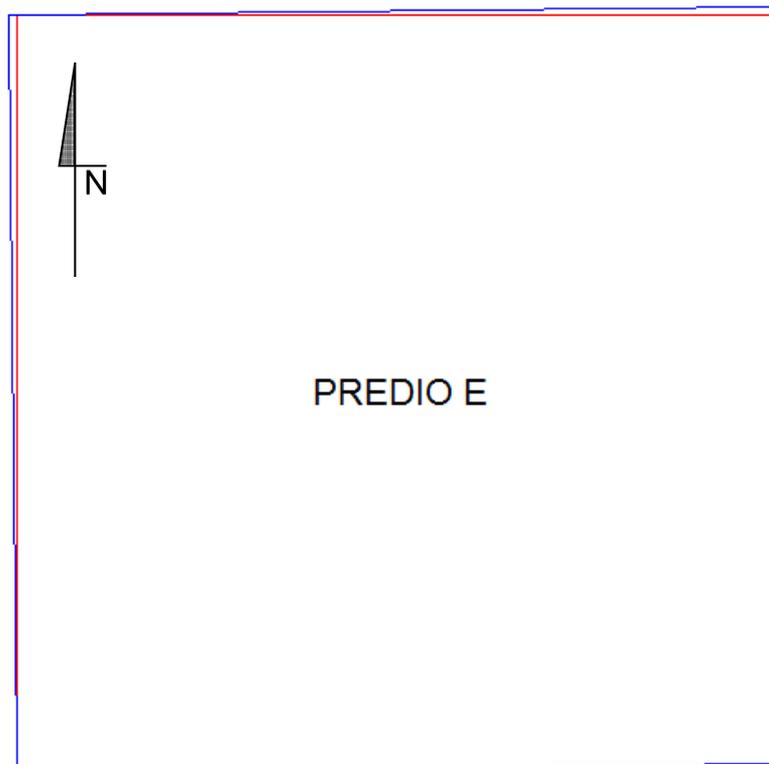
- TM-ROU-USAMS.



Se observa que existe un pequeño cambio en tamaño, siendo más notorio aún el cambio en la forma del predio.

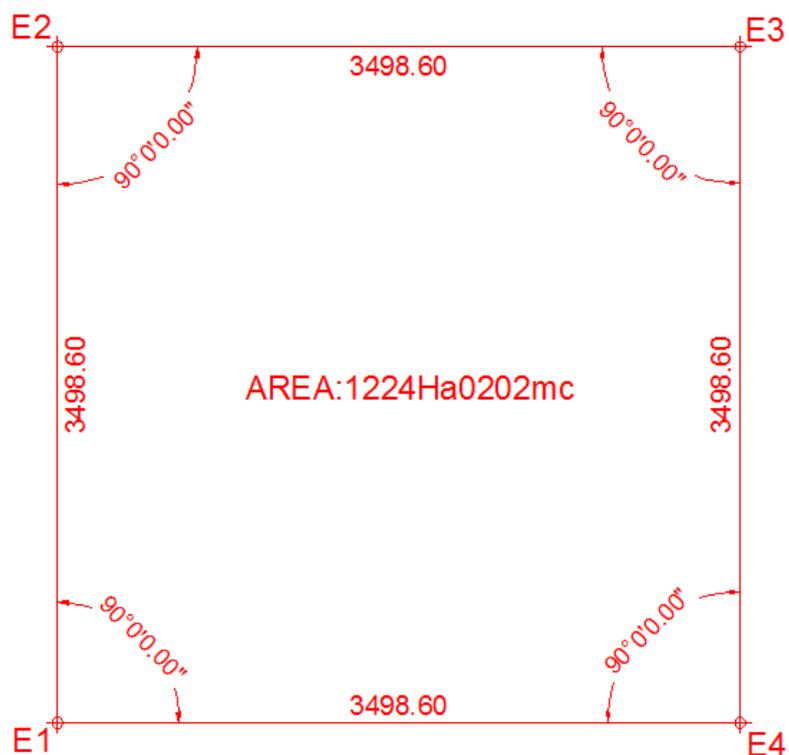
Predio E

- Comparación TM local, TM-ROU-USAMS y UTM zona 21. A causa de la escala de esta figura no se aprecia que existe una diferencia entre el polígono rojo y el cuadrado verde.

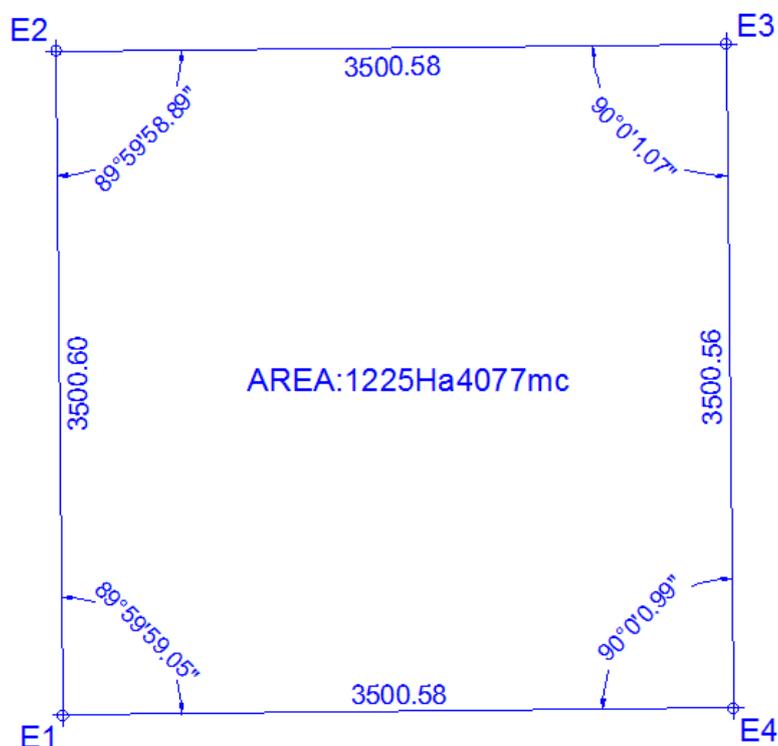


En este caso es notoria la diferencia de rumbos de los límites del predio comparando los resultados de la proyección local o la UTM con la TM-ROU-USAMS.

- UTM zona 21.



- TM-ROU-USAMS.



Se observa que existe un pequeño cambio en tamaño, siendo más notorio aún el cambio en la forma del predio.

### EJEMPLO 3.

Luego se definió un rectángulo de dimensiones 9500m (en dirección Este-Oeste) por 1200m (en dirección Norte-Sur) con el mismo cometido y procedimiento que en el ejemplo 2.

Lo único que se aclara es que en este caso se definió cinco proyecciones Cónicas de Lambert locales tangentes al paralelo central de cada predio, en lugar de Transversas de Mercator locales, debido a la orientación del predio. Esto pues las proyecciones cónicas tangentes a un paralelo no deforman a lo largo de este, pero sí en dirección Norte-Sur.

- Cónica de Lambert local predio F.

Nuevo Proyección

General

Nombre: CL-local predioF

Tipo: Lambert con un paralelo

Falso Este: 60000.0 m

Falso Norte: 60000.0 m

Latitud de origen: 33° 49' 20.00000" S

Meridiano central: 53° 50' 46.00000" W

Paralelo: 33° 49' 20.00000" S

Factor de escala en el origen: 1.0

Aceptar Cancelar

- Cónica de Lambert local predio G.

The screenshot shows a dialog box titled 'Nuevo Proyección' with a 'General' tab. The fields are as follows:

Nombre:	CL-local predioG
Tipo:	Lambert con un paralelo
Falso Este:	70000.0 m
Falso Norte:	70000.0 m
Latitud de origen:	34° 20' 0.00000" S
Meridiano central:	55° 48' 0.00000" W
Paralelo:	34° 20' 0.00000" S
Factor de escala en el origen:	1.0

Buttons: Aceptar, Cancelar

- Cónica de Lambert local predio H.

The screenshot shows a dialog box titled 'Nuevo Proyección' with a 'General' tab. The fields are as follows:

Nombre:	CL-local predioH
Tipo:	Lambert con un paralelo
Falso Este:	80000.0 m
Falso Norte:	80000.0 m
Latitud de origen:	33° 49' 20.00000" S
Meridiano central:	58° 20' 0.00000" W
Paralelo:	33° 49' 20.00000" S
Factor de escala en el origen:	1.0

Buttons: Aceptar, Cancelar

- Cónica de Lambert local predio I.

The screenshot shows a dialog box titled 'Nuevo Proyección' with a 'General' tab. The fields are as follows:

Nombre:	CL-local predio I
Tipo:	Lambert con un paralelo
Falso Este:	90000.0 m
Falso Norte:	90000.0 m
Latitud de origen:	32° 20' 0.00000" S
Meridiano central:	54° 4' 0.00000" W
Paralelo:	32° 20' 0.00000" S
Factor de escala en el origen:	1.0

Buttons: Aceptar, Cancelar

- Cónica de Lambert local predio J.

The screenshot shows a dialog box titled 'Nuevo Proyección' with a 'General' tab. The fields are as follows:

Nombre:	CL-local predio J
Tipo:	Lambert con un paralelo
Falso Este:	100000.0 m
Falso Norte:	100000.0 m
Latitud de origen:	30° 25' 0.00000" S
Meridiano central:	57° 0' 0.00000" W
Paralelo:	30° 25' 0.00000" S
Factor de escala en el origen:	1.0

Buttons: Aceptar, Cancelar

A continuación se presentarán los resultados de las proyecciones de los nuevos predios definidos (F, G, H, I, J).

Rumbos y distancias entre los vértices en el LGO:

- En el elipsoide

	dist. geodésica (m)	azimut		dist. geodésica (m)	azimut		dist. geodésica (m)	azimut
F1 -> F2	1200.0000	0°1'42"8	H1 -> H2	1200.0000	0°1'42"8	J1 -> J2	1200.0000	0°1'30"1
F2 -> F3	9500.0000	90°1'42"8	H2 -> H3	9500.0000	90°1'42"8	J2 -> J3	9500.0000	90°1'30"1
F3 -> F4	1200.0000	179°58'17"2	H3 -> H4	1200.0000	179°58'17"2	J3 -> J4	1200.0000	179°58'29"9
F4 -> F1	9500.0000	269°58'17"2	H4 -> H1	9500.0000	269°58'17"2	J4 -> J1	9500.0000	269°58'29"9
G1 -> G2	1200.0000	0°1'44"8	I1 -> I2	1200.0000	0°1'37"1			
G2 -> G3	9500.0000	90°1'44"8	I2 -> I3	9500.0000	90°1'37"1			
G3 -> G4	1200.0000	179°58'15"2	I3 -> I4	1200.0000	179°58'22"9			
G4 -> G1	9500.0000	269°58'15"2	I4 -> I1	9500.0000	269°58'22"8			

Se observa que los deslindes se mantienen iguales a los de la proyección local, pero hay un aumento en los azimut de las líneas 1-2 y 2-3 y una disminución en los azimut 3-4 y 4-1.

- CL locales

	dist. plana (m)	azimut		dist. plana (m)	azimut		dist. plana (m)	azimut
F1 -> F2	1200.0000	0°00'00"0	H1 -> H2	1200.0000	0°00'00"0	J1 -> J2	1200.0000	0°00'00"0
F2 -> F3	9500.0000	90°00'00"0	H2 -> H3	9500.0000	90°00'00"0	J2 -> J3	9500.0000	90°00'00"0
F3 -> F4	1200.0000	180°00'00"0	H3 -> H4	1200.0000	180°00'00"0	J3 -> J4	1200.0000	180°00'00"0
F4 -> F1	9500.0000	270°00'00"0	H4 -> H1	9500.0000	270°00'00"0	J4 -> J1	9500.0000	270°00'00"0
G1 -> G2	1200.0000	0°00'00"0	I1 -> I2	1200.0000	0°00'00"0			
G2 -> G3	9500.0000	90°00'00"0	I2 -> I3	9500.0000	90°00'00"0			
G3 -> G4	1200.0000	180°00'00"0	I3 -> I4	1200.0000	180°00'00"0			
G4 -> G1	9500.0000	270°00'00"0	I4 -> I1	9500.0000	270°00'00"0			

Según esta proyección se definió el predio, por eso es que se observan estas magnitudes.

- UTM

zona 22	dist. plana (m)	azimut	zona 21	dist. plana (m)	azimut	zona 21	dist. plana (m)	azimut
F1 -> F2	1200.5842	358°24'53"4	H1 -> H2	1199.7631	359°15'27"9	J1 -> J2	1199.5203	0°00'00"0
F2 -> F3	9504.3291	88°24'54"4	H2 -> H3	9497.984	89°15'28"3	J2 -> J3	9496.2009	90°00'00"0
F3 -> F4	1200.5102	178°24'53"8	H3 -> H4	1199.7285	179°15'27"9	J3 -> J4	1199.5203	180°00'00"0
F4 -> F1	9504.327	268°24'52"8	H4 -> H1	9497.9835	269°15'27"5	J4 -> J1	9496.2008	270°00'00"0
zona 21			zona 21					
G1 -> G2	1199.6851	0°40'36"8	I1 -> I2	1200.6096	1°34'11"3			
G2 -> G3	9497.6277	90°40'36"4	I2 -> I3	9505.1347	91°34'10"7			
G3 -> G4	1199.7162	180°40'36"8	I3 -> I4	1200.6873	181°34'11"7			
G4 -> G1	9497.6277	270°40'37"1	I4 -> I1	9505.1326	271°34'12"4			

Se observa que para los predios F e I los deslindes aumentan, y para los restantes disminuyen, concordando con el esquema de deformación lineal del MARCO TEÓRICO. Los azimut aumentan para G e I, para J se mantienen y para los demás disminuyen. La explicación de las diferencias de los azimut se comprueba ya que G e I están del mismo lado respecto del meridiano central (al Este), J se encuentra sobre el meridiano central de la proyección para la zona 21 y los restantes para el otro lado del meridiano (al Oeste) por lo que varían en sentido opuesto que G e I. Esto concuerda con el esquema de convergencia del MARCO TEÓRICO para esta proyección.

- TM-ROU-USAMS

	dist. plana (m)	azimut		dist. plana (m)	azimut		dist. plana (m)	azimut
F1 -> F2	1200.4620	1905'16"2	H1 -> H2	1200.8501	358935'21"2	J1 -> J2	1200.2162	359923'32"6
F2 -> F3	9503.8554	91905'15"8	H2 -> H3	9506.4658	88935'22"0	J2 -> J3	9501.5821	89923'33"0
F3 -> F4	1200.5129	181905'16"4	H3 -> H4	1200.7842	178935'21"5	J3 -> J4	1200.1838	179923'32"6
F4 -> F1	9503.8545	271905'16"9	H4 -> H1	9506.4642	268935'20"6	J4 -> J1	9501.5816	269923'32"3
G1 -> G2	1200.0034	0900'00"0	I1 -> I2	1200.3741	0955'38"1			
G2 -> G3	9500.0240	90900'00"0	I2 -> I3	9503.1439	90955'37"7			
G3 -> G4	1200.0034	180900'00"0	I3 -> I4	1200.4200	180955'38"2			
G4 -> G1	9500.0243	270900'00"0	I4 -> I1	9503.1432	270955'38"7			

En esta proyección se observa que los deslindes aumentan para todas las ubicaciones del predio ya que es una proyección cartográfica tangencial, vale notar que esto concuerda con el esquema de las deformaciones lineales del *MARCO TEÓRICO*. Los azimut en G se mantienen porque este predio está sobre el meridiano central de la proyección, los azimut de F e I aumentan porque están del lado Este del meridiano central, y los de los restantes disminuyen porque están del lado Oeste. Esto también se puede verificar observando el esquema presentado de la convergencia para esta proyección en el *MARCO TEÓRICO*.

Coordenadas planas de los vértices de cada predio según cada sistema de coordenadas, en diferentes archivos CSV. Luego agrupadas en archivos según la proyección:

UTMzona21		
Vértice	E (m)	N (m)
G1	605630.088	6199687.954
G2	605644.260	6200887.555
G3	615141.225	6200775.371
G4	615127.053	6199575.739
H1	371868.516	6256094.801
H2	371852.974	6257294.464
H3	381350.161	6257417.487
H4	381365.703	6256217.859
I1	771346.787	6418363.657
I2	771379.678	6419563.816
I3	780881.246	6419303.453
I4	780848.351	6418103.216
J1	495251.900	6634443.379
J2	495251.900	6635642.899
J3	504748.100	6635642.899
J4	504748.100	6634443.379

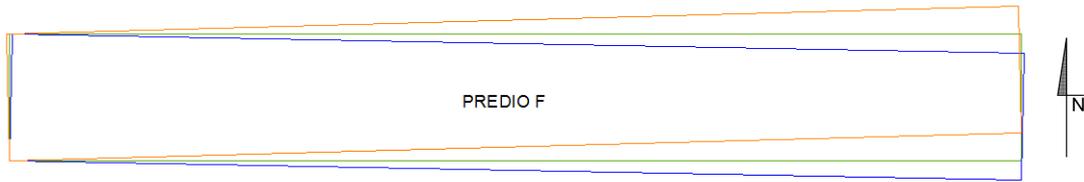
ROU-USAMS		
Vértice	E (m)	N (m)
F1	676172.792	6256061.301
F2	676195.583	6257261.547
F3	685697.726	6257081.135
F4	685674.933	6255880.839
G1	495286.532	6200993.962
G2	495286.532	6202193.965
G3	504786.556	6202193.965
G4	504786.556	6200993.962
H1	260741.708	6254683.753
H2	260712.143	6255884.239
H3	270215.728	6256118.252
H4	270245.290	6254917.831
I1	658479.850	6421571.601
I2	658499.276	6422771.818
I3	668001.176	6422618.050
I4	667981.749	6421417.787
J1	379991.133	6634666.414
J2	379978.405	6635866.563
J3	389479.453	6635967.307
J4	389492.180	6634767.191

UTMzona22		
Vértice	E (m)	N (m)
F1	231846.201	6253180.357
F2	231812.989	6254380.481
F3	241313.682	6254643.352
F4	241346.890	6253443.301

A continuación se muestra el resultado del ingreso de coordenadas de estos archivos CSV en un software CAD. Para la observación de los resultados de las proyecciones, se mantuvo los colores de los gráficos del ejemplo anterior:

### Predio F

- Comparación CL local, TM-ROU-USAMS y UTM zona 22.

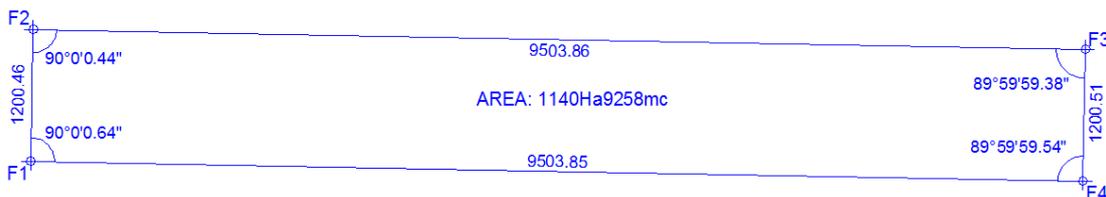


En este caso es notoria la diferencia de rumbos de los límites del predio comparando los resultados de las distintas proyecciones cartográficas.

- UTM zona 22.



- TM-ROU-USAMS.



Se observa que existe un pequeño cambio en tamaño, siendo más notorio aún el cambio en la forma del predio.

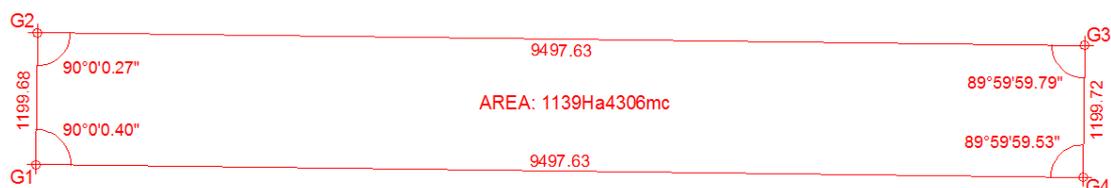
### Predio G

- Comparación CL local, TM-ROU-USAMS y UTM zona 21. A causa de la escala de esta figura no se aprecia que existe una pequeña diferencia entre el polígono azul y el rectángulo verde.

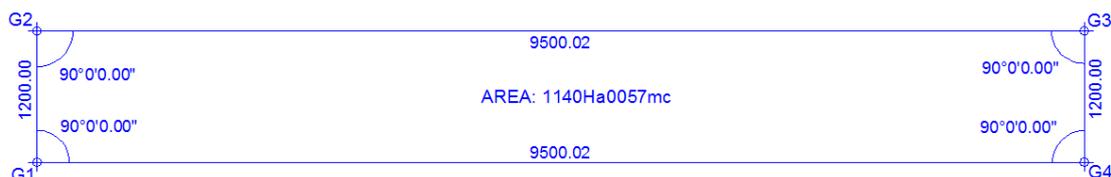


En este caso es notoria la diferencia de rumbos de los límites del predio comparando los resultados de la proyección local o la TM-ROU-USAMS con la UTM zona 21.

- UTM zona 21.

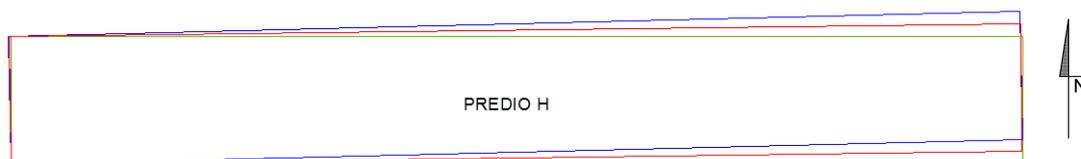


- TM-ROU-USAMS.



Predio H

- Comparación CL local, TM-ROU-USAMS y UTM zona 21.

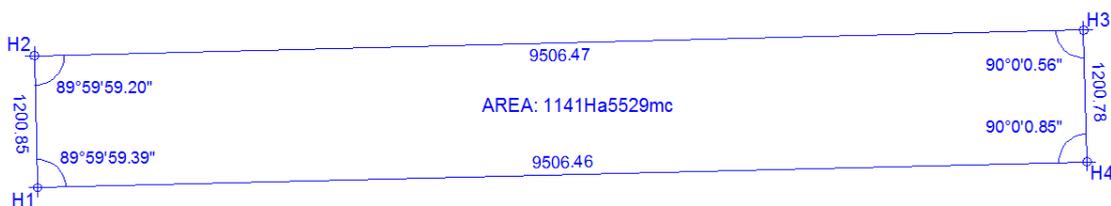


En este caso es notoria la diferencia de rumbos de los límites del predio comparando los resultados de las distintas proyecciones cartográficas.

- UTM zona 21.



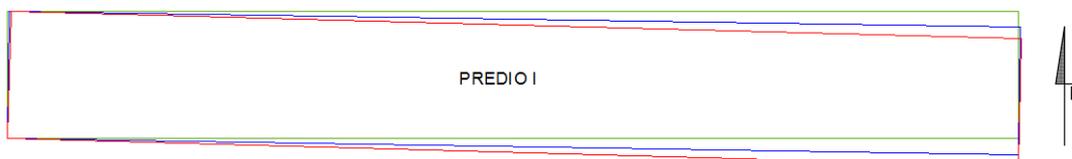
- TM-ROU-USAMS.



Se observa que existe un pequeño cambio en tamaño, siendo más notorio aún el cambio en la forma del predio.

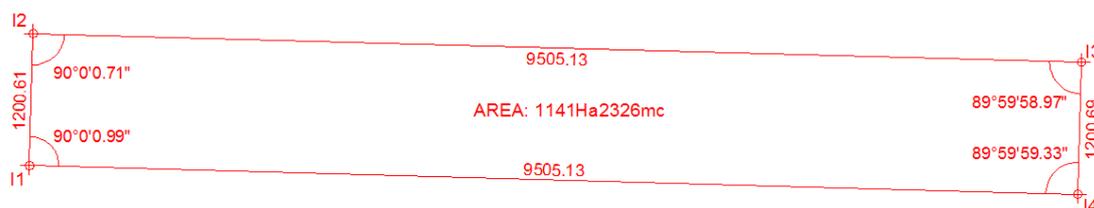
### Predio I

- Comparación CL local, TM-ROU-USAMS y UTM zona 21.



En este caso es notoria la diferencia de rumbos de los límites del predio comparando los resultados de las distintas proyecciones cartográficas.

- UTM zona 21.



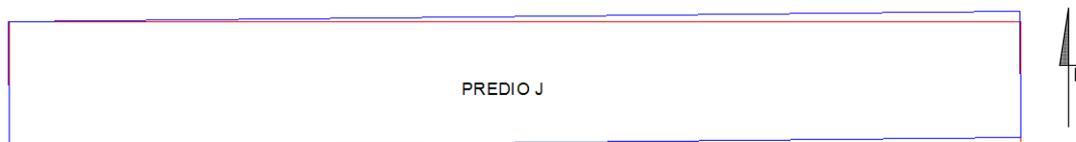
- TM-ROU-USAMS.



Se observa que existe un pequeño cambio en tamaño, siendo más notorio aún el cambio en la forma del predio.

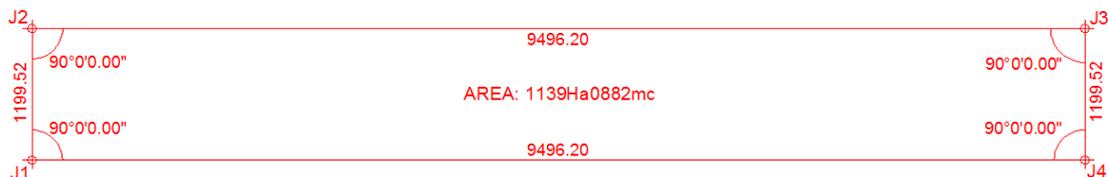
### Predio J

- Comparación CL local, TM-ROU-USAMS y UTM zona 21. A causa de la escala de esta figura no se aprecia que existe una diferencia entre el polígono rojo y el rectángulo verde.

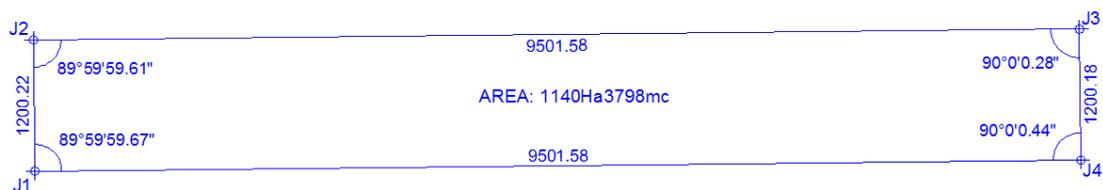


En este caso es notoria la diferencia de rumbos de los límites del predio comparando los resultados de la proyección local o la UTM con la TM-ROU-USAMS.

- UTM zona 21.



- TM-ROU-USAMS.



Se observa que existe un pequeño cambio en tamaño, siendo más notorio aún el cambio en la forma del predio.

#### EJEMPLO 4.

Luego se definió un rectángulo de dimensiones 9500m (en dirección Norte-Sur) por 1200m (en dirección Este-Oeste) con el mismo cometido y procedimiento que en el ejemplo 2 y 3.

Lo único que se aclara es que en este caso se volvió a trabajar con Transversas de Mercator locales, por la orientación del predio.

A continuación se presentará los resultados de las proyecciones de los nuevos predios definidos (K, L, M, N, O).

Rumbos y distancias entre los vértices en el LGO:

#### - En el elipsoide

	dist. geodésica (m)	azimut		dist. geodésica (m)	azimut		dist. geodésica (m)	azimut
K1 -> K2	9499.9997	0°0'13"0	M1 -> M2	9499.9997	0°0'13"0	O1 -> O2	9500.0000	0°0'11"4
K2 -> K3	1200.0000	90°0'13"0	M2 -> M3	1200.0000	90°0'13"0	O2 -> O3	1200.0000	90°0'11"4
K3 -> K4	9499.9997	179°59'47"0	M3 -> M4	9499.9997	179°59'47"0	O3 -> O4	9500.0000	179°59'48"6
K4 -> K1	1200.0000	269°59'47"0	M4 -> M1	1200.0000	269°59'47"0	O4 -> O1	1200.0000	269°59'48"6
L1 -> L2	9499.9997	0°0'13"2	N1 -> N2	9500.0000	0°0'12"3			
L2 -> L3	1200.0000	90°0'13"2	N2 -> N3	1200.0000	90°0'12"3			
L3 -> L4	9499.9997	179°59'46"8	N3 -> N4	9500.0000	179°59'47"7			
L4 -> L1	1200.0000	269°59'46"7	N4 -> N1	1200.0000	269°59'47"7			

Se observa que para los predios K, M y L las variaciones lineales y angulares son las mismas. Para N y O las dimensiones lineales se mantienen y las angulares aumentan similarmente a las de los demás predios.

#### - TM locales

	dist. plana (m)	azimut		dist. plana (m)	azimut		dist. plana (m)	azimut
K1 -> K2	9500.0000	0°00'00"0	M1 -> M2	9500.0000	0°00'00"0	O1 -> O2	9500.0000	0°00'00"0
K2 -> K3	1200.0000	90°00'00"0	M2 -> M3	1200.0000	90°00'00"0	O2 -> O3	1200.0000	90°00'00"0
K3 -> K4	9500.0000	180°00'00"0	M3 -> M4	9500.0000	180°00'00"0	O3 -> O4	9500.0000	180°00'00"0
K4 -> K1	1200.0000	270°00'00"0	M4 -> M1	1200.0000	270°00'00"0	O4 -> O1	1200.0000	270°00'00"0
L1 -> L2	9500.0000	0°00'00"0	N1 -> N2	9500.0000	0°00'00"0			
L2 -> L3	1200.0000	90°00'00"0	N2 -> N3	1200.0000	90°00'00"0			
L3 -> L4	9500.0000	180°00'00"0	N3 -> N4	9500.0000	180°00'00"0			
L4 -> L1	1200.0000	270°00'00"0	N4 -> N1	1200.0000	270°00'00"0			

Según esta proyección se definió el predio, por eso es que se observan estas magnitudes.

#### - UTM

zona 22	dist. plana (m)	azimut	zona 21	dist. plana (m)	azimut	zona 21	dist. plana (m)	azimut
K1 -> K2	9504.3642	358°24'53"6	M1 -> M2	9498.0002	359°15'27"9	O1 -> O2	9496.2000	0°00'00"0
K2 -> K3	1200.5475	88°25'00"0	M2 -> M3	1199.7453	89°15'30"9	O2 -> O3	1199.5200	90°00'00"0
K3 -> K4	9504.2901	178°24'53"6	M3 -> M4	9497.9655	179°15'27"9	O3 -> O4	9496.2000	180°00'00"0
K4 -> K1	1200.5455	268°24'47"2	M4 -> M1	1199.7449	269°15'24"9	O4 -> O1	1199.5199	270°00'00"0
zona 21			zona 21					
L1 -> L2	9497.6111	0°40'36"7	N1 -> N2	9505.0939	1°34'11"5			
L2 -> L3	1199.7004	90°40'34"1	N2 -> N3	1200.6496	91°34'04"9			
L3 -> L4	9497.6421	180°40'36"8	N3 -> N4	9505.1715	181°34'11"6			
L4 -> L1	1199.6998	270°40'39"4	N4 -> N1	1200.6474	271°34'18"2			

Se observa que los deslindes de los predios K y N aumentan, y que en los restantes disminuyen. Esto concuerda con los esquemas de deformación lineal presentados en el MARCO TEÓRICO. Además se observa que los azimut para los predios K y M disminuyen, por estar al oeste del meridiano central de la proyección, los de L y N aumentan y los de O se mantienen. Esto se corresponde al esquema de convergencia presentado en el MARCO TEÓRICO.

**- TM-ROU-USAMS**

	dist. plana (m)	azimut		dist. plana (m)	azimut		dist. plana (m)	azimut
K1 -> K2	9503.8287	1°05'16"3	M1 -> M2	9506.4972	358°35'21"3	O1 -> O2	9501.5974	359°23'32"6
K2 -> K3	1200.4872	91°05'11"9	M2 -> M3	1200.8173	88°35'27"0	O2 -> O3	1200.1999	89°23'35"4
K3 -> K4	9503.8795	181°05'16"3	M3 -> M4	9506.4312	178°35'21"3	O3 -> O4	9501.565	179°23'32"6
K4 -> K1	1200.4863	271°05'20"7	M4 -> M1	1200.8156	268°35'15"7	O4 -> O1	1200.1994	269°23'29"8
L1 -> L2	9500.0231	0°00'00"0	N1 -> N2	9503.1198	0°55'38"2			
L2 -> L3	1200.0029	90°00'00"0	N2 -> N3	1200.3975	90°55'34"2			
L3 -> L4	9500.0231	180°00'00"0	N3 -> N4	9503.1657	180°55'38"2			
L4 -> L1	1200.0027	270°00'00"0	N4 -> N1	1200.3968	270°55'42"1			

En este caso todos los deslindes aumentan ya que la proyección es tangencial, esto concuerda con el esquema de deformación lineal presentado en el *MARCO TEÓRICO*. Los azimut de K y N aumentan, ya que están del lado Este del meridiano de contacto, los de M y O disminuyen por estar al Oeste y los de L se mantienen ya que el predio está sobre el meridiano de contacto de la proyección. Esto concuerda con en esquema de convergencia presentado en el *MARCO TEÓRICO*.

Coordenadas planas de los vértices de cada predio según cada sistema de coordenadas, en diferentes archivos CSV. Luego agrupadas en archivos según la proyección cartográfica:

UTMzona21		
Vértice	E (m)	N (m)
L1	609729.688	6195490.268
L2	609841.888	6204987.217
L3	611041.504	6204973.059
L4	610929.304	6195476.080
M1	376071.104	6251999.782
M2	375948.063	6261496.985
M3	377147.708	6261512.510
M4	377270.748	6252015.341
N1	775383.565	6414099.227
N2	775643.965	6423600.754
N3	776844.165	6423567.899
N4	776583.761	6414066.296
O1	499400.240	6630295.039
O2	499400.240	6639791.239
O3	500599.760	6639791.239
O4	500599.760	6630295.039

ROU-USAMS		
Vértice	E (m)	N (m)
K1	680244.806	6251831.548
K2	680425.242	6261333.663
K3	681625.514	6261310.897
K4	681445.076	6251808.730
L1	499436.542	6196843.952
L2	499436.542	6206343.975
L3	500636.545	6206343.975
L4	500636.545	6196843.952
M1	264995.643	6250634.436
M2	264761.596	6260138.051
M3	265962.050	6260167.582
M4	266196.093	6250664.032
N1	662563.408	6417353.592
N2	662717.198	6426855.468
N3	663917.439	6426836.064
N4	663763.647	6417334.143
O1	384185.670	6630559.975
O2	384084.909	6640061.038
O3	385285.042	6640073.749
O4	385385.802	6630572.718

UTMzona22		
Vértice	E (m)	N (m)
K1	236111.496	6249144.912
K2	235848.587	6258645.640
K3	237048.676	6258678.812
K4	237311.581	6249178.159

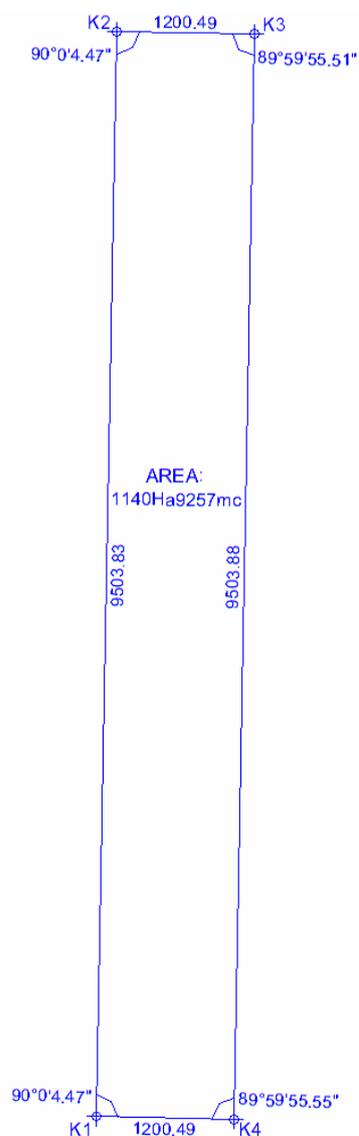
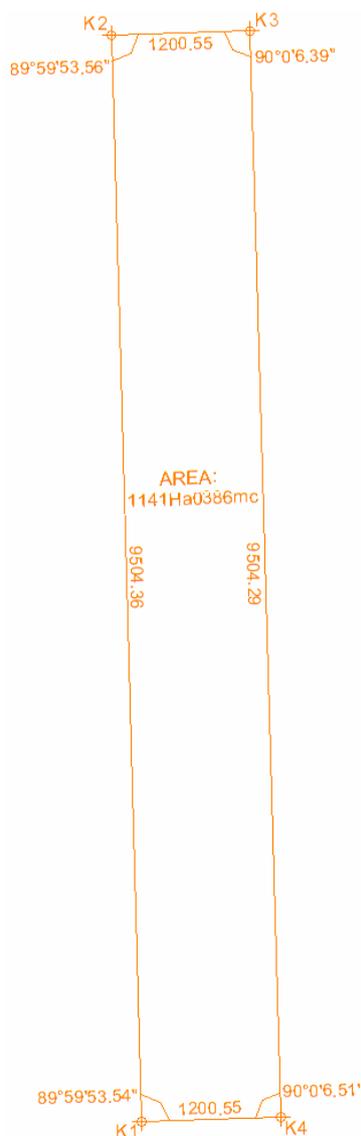
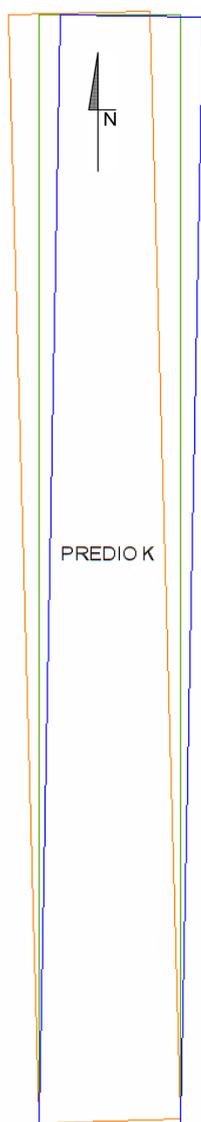
A continuación se muestra el resultado del ingreso de coordenadas de estos archivos CSV en un software CAD. Para la observación de los resultados de las proyecciones, se mantuvieron los colores de los gráficos de los ejemplos anteriores:

Predio K

Comparación TM local,  
TM-ROU-USAMS y  
UTM zona 22.

UTM zona 22.

TM-ROU-USAMS.



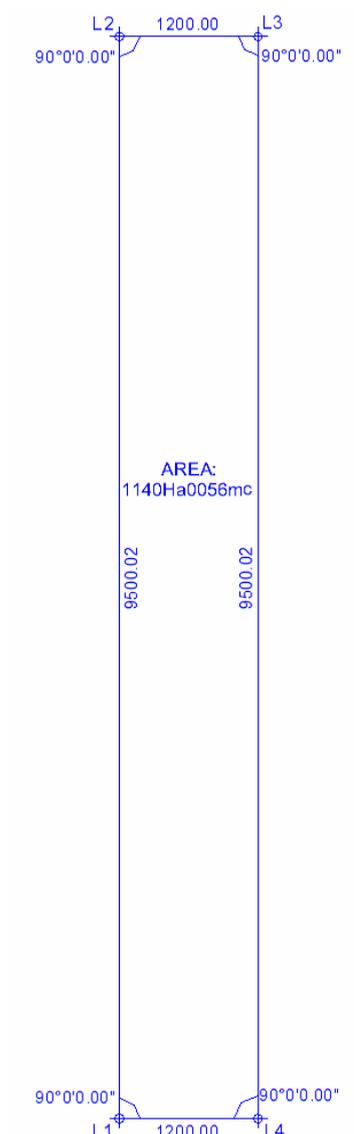
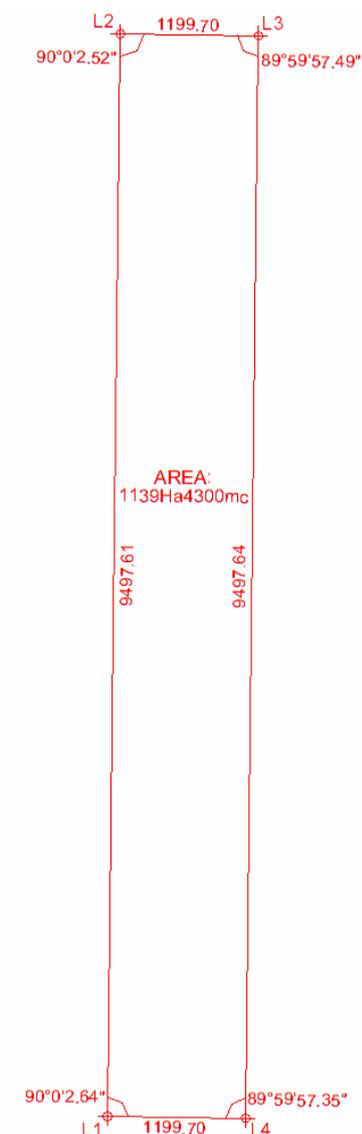
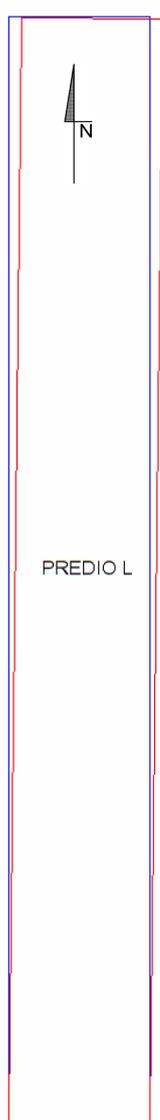
Es notoria la diferencia de rumbos de los límites del predio comparando los resultados de las distintas proyecciones cartográficas. Además se puede observar que existe un pequeño cambio en el tamaño del predio, siendo más notorio el cambio de su forma.

Predio L

Comparación TM local, TM-ROU-USAMS y UTM zona 21. A causa de la escala de esta figura no se aprecia que existe una diferencia entre el polígono azul y el rectángulo verde.

UTM zona 21.

TM-ROU-USAMS.



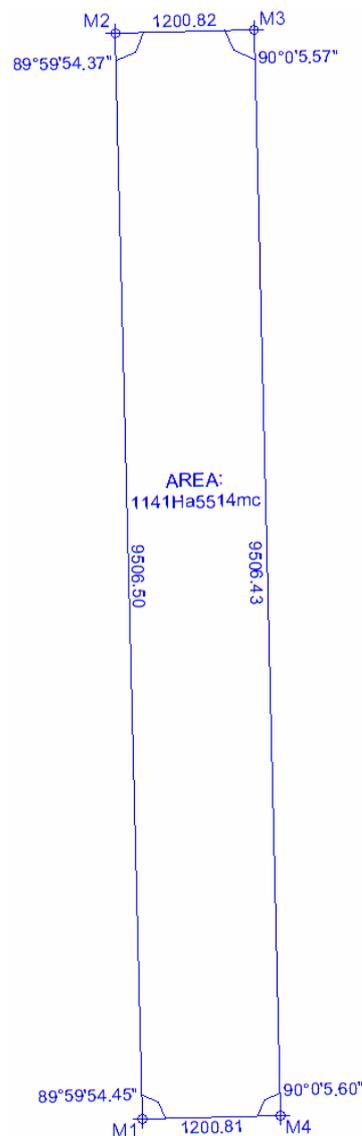
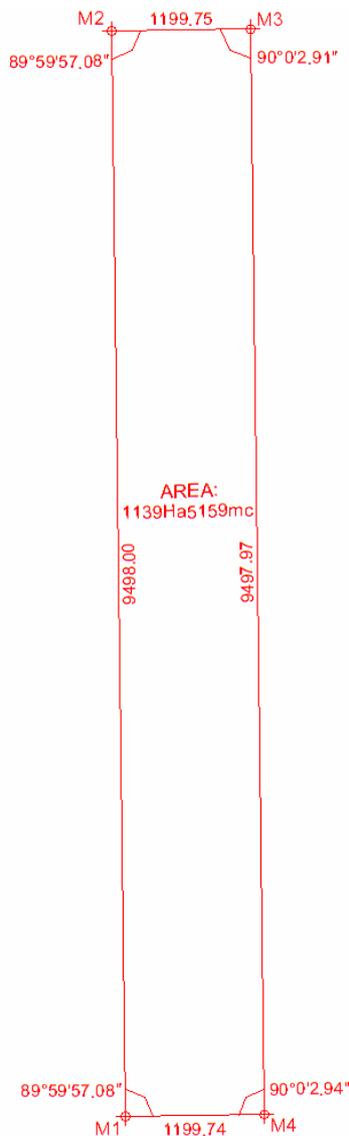
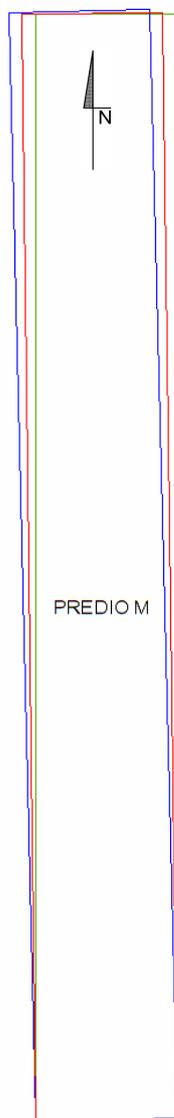
Es notoria la diferencia de rumbos de los límites del predio comparando los resultados de la proyección local o la TM-ROU-USAMS con la UTM. Además se puede observar que existe un pequeño cambio en el tamaño del predio, siendo más notorio el cambio de su forma.

Predio M

Comparación TM local,  
 TM-ROU-USAMS y  
 UTM zona 21.

UTM zona 21.

TM-ROU-USAMS.



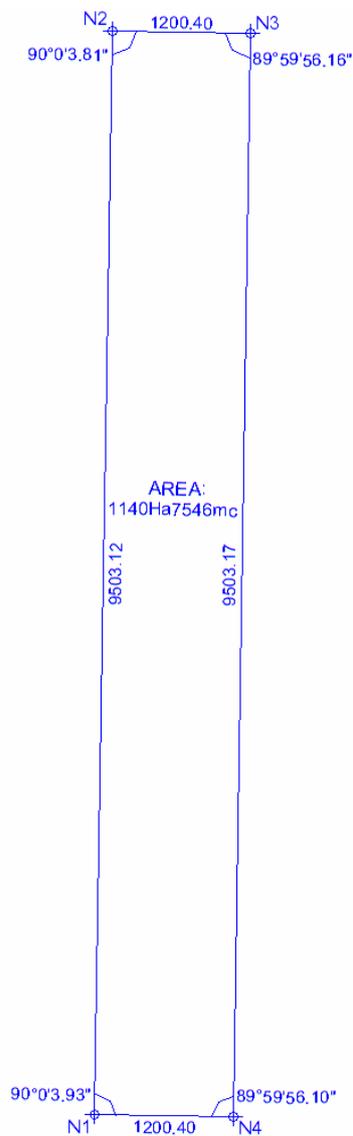
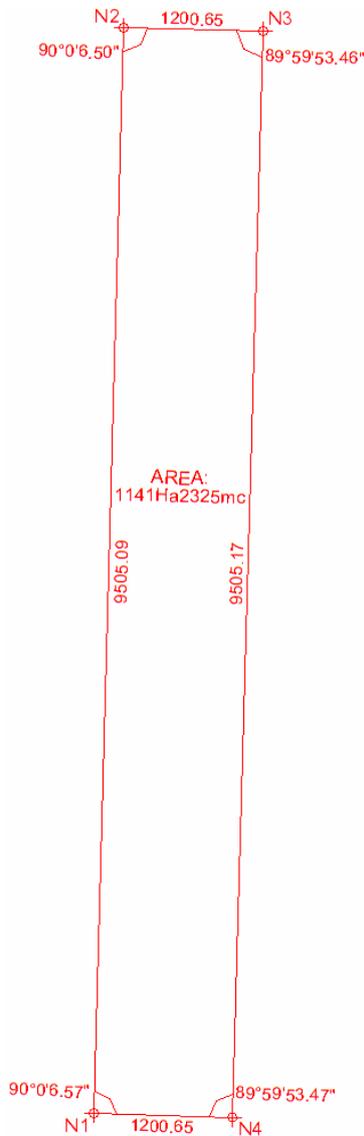
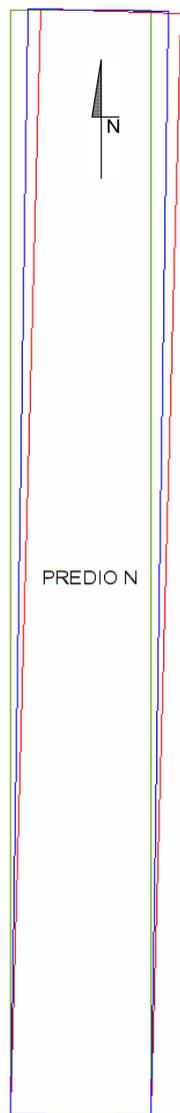
Es notoria la diferencia de rumbos de los límites del predio comparando los resultados de las distintas proyecciones cartográficas. Además se puede observar que existe un pequeño cambio en el tamaño del predio, siendo más notorio el cambio de su forma.

Predio N

Comparación TM local,  
TM-ROU-USAMS y  
UTM zona 21.

UTM zona 21.

TM-ROU-USAMS.



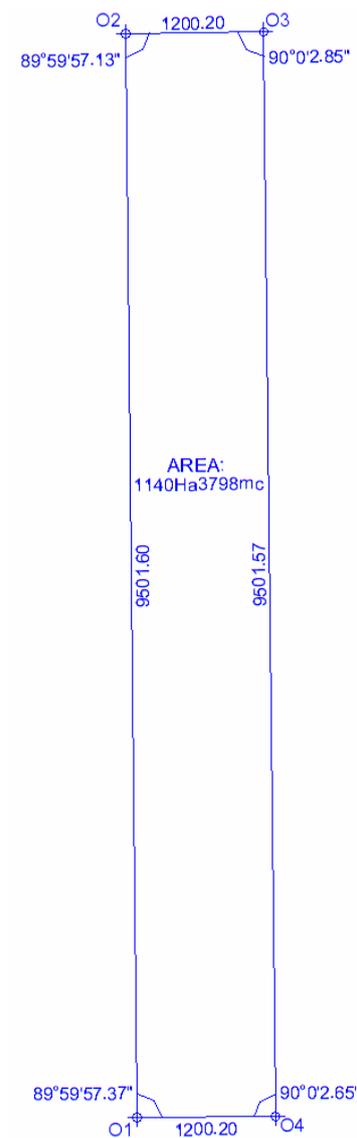
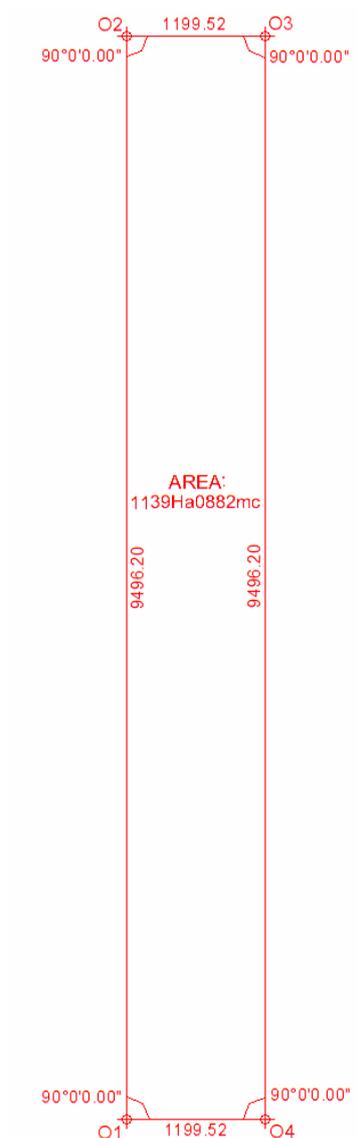
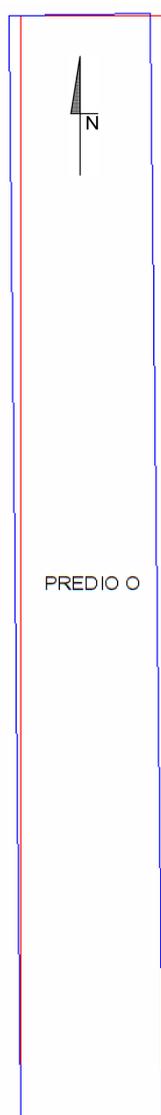
Es notoria la diferencia de rumbos de los límites del predio comparando los resultados de las distintas proyecciones cartográficas. Además se puede observar que existe un pequeño cambio en el tamaño del predio, siendo más notorio el cambio de su forma.

Predio O

Comparación TM local, TM-ROU-USAMS y UTM zona 21. A causa de la escala de esta figura no se aprecia que existe una diferencia entre el polígono rojo y el rectángulo verde.

UTM zona 21.

TM-ROU-USAMS.



Es notoria la diferencia de rumbos de los límites del predio comparando los resultados de las distintas proyecciones cartográficas. Además se puede observar que existe un pequeño cambio en el tamaño del predio, siendo más notorio el cambio de su forma.

## EJEMPLO 5.

Observando los mapas de isoconvergencia e isodeformación lineal de las proyecciones UTM y Gauss-Krüger para Uruguay, se puede presentar una proyección con ventajas de ambas, reduciendo las deformaciones lineales y superficiales de estas. Como a toda proyección cartográfica se la debe asociar a un sistema de referencia geodésico.

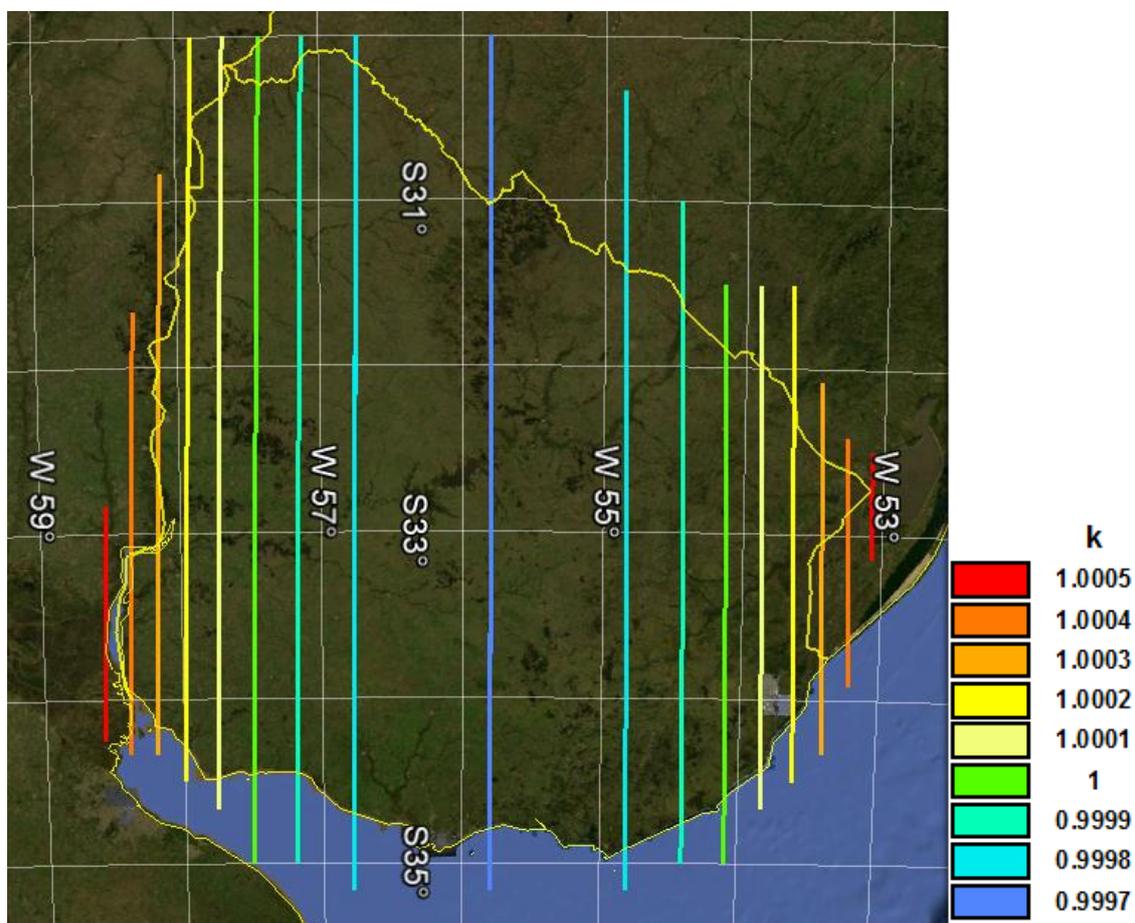
Se considera que es importante lograr definir una única proyección para el país, y así poder tener un sistema de coordenadas que abarque todo el territorio nacional sin discontinuidades. El caso de la proyección Gauss-Krüger con el sistema ROU-USAMS asociado presentada en el *MARCO TEÓRICO* cumple con esto, pero provocando grandes distorsiones en los extremos Este y Oeste de la República.

La UTM es una proyección cartográfica dividida en husos de 6° de longitud utilizada internacionalmente. Es por esto que al definirse resultó imposible respetar los límites políticos entre países. Existen algunos que pertenecen a un único huso o zona, pero no es el caso de Uruguay que pertenece a dos, provocando discontinuidad en los sistemas de coordenadas y generando dificultades a los no especialistas y eventualmente también a los especialistas. Por ejemplo en el caso que se quiera representar un predio rural que pertenezca a ambas zonas. Esto indujo a que hace unos años se comenzara a utilizar la proyección “UTM zona 21 Sur extendida” como ya se mencionó en el *MARCO TEÓRICO*. Esta proyección posibilita proyectar a todo el Uruguay en una misma zona UTM, pero generando deformaciones inadmisibles en las zonas del Este de Rocha, Treinta y Tres y Cerro Largo, como se observa en el mapa de isodeformación lineal mostrado anteriormente en el *MARCO TEÓRICO*.

Esta discontinuidad es totalmente evitada en el caso que se trabaje con la proyección Gauss-Krüger con el sistema ROU-USAMS, ya que el meridiano central o de contacto de la proyección es aproximadamente el meridiano central de Uruguay y la faja de proyección es suficientemente amplia para abarcar todo el territorio.

Luego de todas las observaciones realizadas se podría elegir una proyección que evite la discontinuidad de la UTM y la gran deformación lineal de la Gauss-Krüger. Es por esto que se evaluó una proyección Transversa de Mercator con factor de escala 0.9997 en el meridiano central de longitud 55°48'W. Además se adoptaría el sistema uruguayo SIRGAS-ROU98, materializado por las estaciones permanentes del SGM. A esta proyección estudiada se le llamó URU TM.

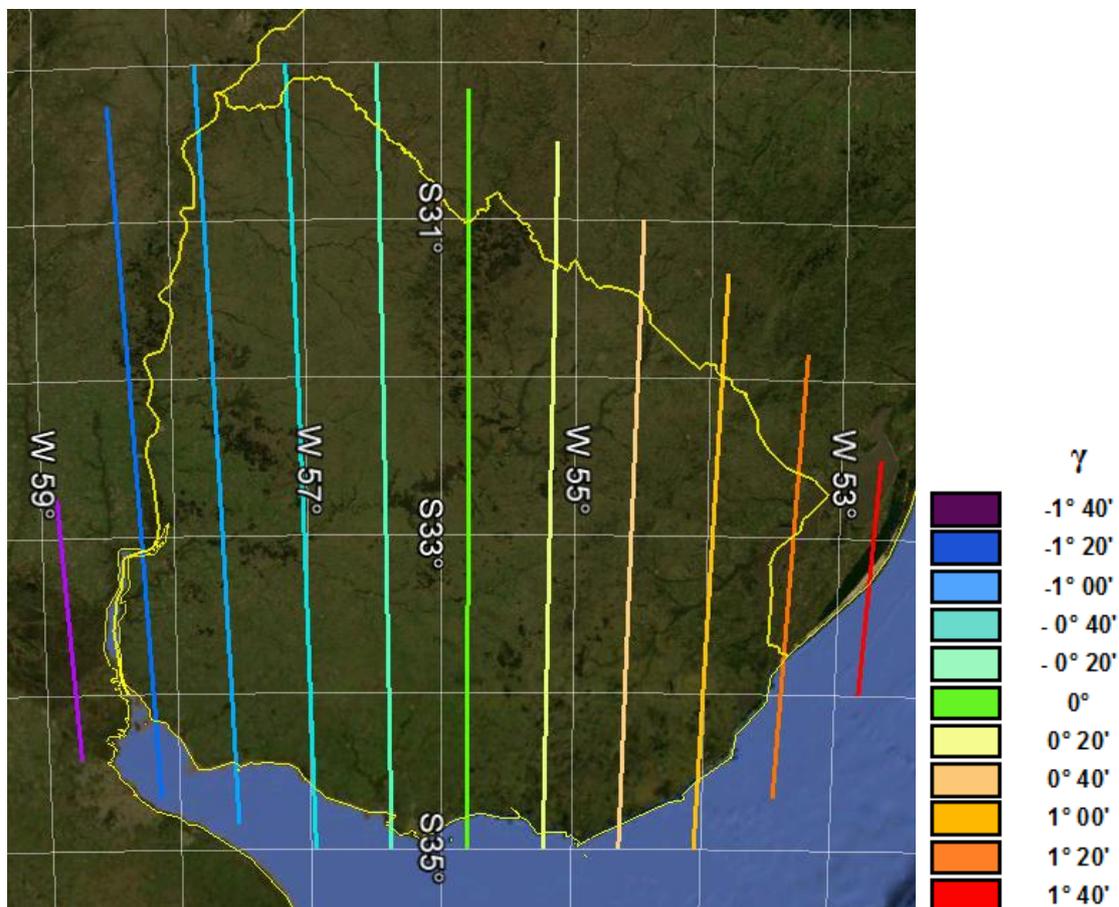
Mapa de Uruguay con curvas de isodeformación lineal  $k$  para la proyección URU TM.



Se puede observar que con esta distribución de valores de deformación  $k$  se obtiene menor deformación en los extremos del país, sacrificando la escala verdadera de la faja central de Uruguay. Es decir, se distribuye la deformación evitando grandes distorsiones lineales en algunas zonas.

Se aprecia que en los extremos Este y Oeste apenas se supera la deformación 1.0004. Asignándole factor de escala 0.9996 al meridiano central no se alcanzaría 1.0004 en los extremos, pero implicaría una gran deformación lineal y por lo tanto superficial en un porcentaje muy alto del territorio sobre la faja central del país.

Mapa de Uruguay con curvas de isoconvergencia de los meridianos para la proyección URU TM.



Se observa que el mapa de Uruguay con curvas de isoconvergencia plana de los meridianos para la proyección URU TM, es muy similar al de deformaciones causadas por la proyección Gauss-Krüger del *MARCO TEÓRICO*. Se tilda de muy similares, ya que a esta escala no se aprecia las diferencias de utilizar sistemas de referencia diferentes. El meridiano central es el mismo que el de la proyección Gauss-Krüger. Esta elección se tomó así de modo que se produzca la misma deformación a ambos lados del meridiano central.

## OBSERVACIONES GENERALES

A. En este apartado se observan las comparaciones de resultados de distancias y rumbos al proyectar utilizando el programa *Leica Geo Office* y las aplicaciones del coeficiente de deformación lineal y el de la convergencia a los datos sobre el elipsoide que corresponda.

Para la proyección UTM, se comparará los resultados de convergencia meridiana tomando de las tablas del ejemplo 2 del *ANÁLISIS* el azimut  $A1 - A2 = 358^\circ 24' 53''5$ .

Para estos puntos el  $\Delta\lambda = -51^\circ - \lambda_{A1} = 2^\circ 51' 54''06$

$$\varphi_{A1} = -33^\circ 50' 16''79282 \text{ S}$$

$$n^2 = \frac{e^2}{1 - e^2} \times \cos^2 \varphi_{A1}$$

$$e^2 = 0.0066943799901$$

$$\gamma = \Delta\lambda \times \sin \varphi + \frac{\Delta\lambda^3}{3} \times \sin \varphi \times \cos^2 \varphi \times (1 + 3n^2 + 2n^4) = -1^\circ 35' 46''7$$

Luego como el azimut en el elipsoide es  $0^\circ 0' 37''9$ , le sumamos la convergencia y se obtiene como resultado  $358^\circ 24' 51''2$  para el azimut en la proyección UTM. La diferencia entre ambos valores se puede atribuir a las aproximaciones matemáticas que se realizan para obtener la fórmula de  $\gamma$  y a la pequeña influencia de la deflexión angular de la geodésica  $\psi$ .

El cálculo del acimut se pudo simplificar a solo sumarle la convergencia ya que la deflexión de la geodésica en los casos considerados es muy pequeña como se muestra en el *MARCO TEÓRICO*. Esta consideración puede también ser motivo de la pequeña diferencia entre el acimut calculado manualmente y el calculado por el programa.

Lo mismo sucede para la proyección Gauss-Krüger.

Ahora para la proyección Gauss-Krüger, se comparará los resultados de la deformación lineal tomando de las tablas del mismo ejemplo la distancia  $A1 - A2 = 3501,3927\text{m}$ .

Para estos puntos el  $\Delta\lambda_{A1} = -55^\circ 48' - \lambda_{A1} = -1^\circ 56' 5''94$

$$\Delta\lambda_m = -55^\circ 48' - \lambda_m = -1^\circ 56' 5''95$$

$$\Delta\lambda_{A2} = -55^\circ 48' - \lambda_{A2} = -1^\circ 56' 5''96$$

$$e^2 = 0.0067226700223$$

$$k_{A1} = \left( 1 + \frac{\Delta\lambda_{A1}^2}{2} \times \cos^2 \varphi_{A1} \times (1 + n_{A1}^2) \right) = 1.000395277$$

$$k_m = \left( 1 + \frac{\Delta\lambda_m^2}{2} \times \cos^2 \varphi_m \times (1 + n_m^2) \right) = 1.000395428$$

$$k_{A2} = \left( 1 + \frac{\Delta\lambda_{A2}^2}{2} \times \cos^2 \varphi_{A2} \times (1 + n_{A2}^2) \right) = 1.000395573$$

$$k = \frac{k_{A1} + 4 \times k_m + k_{A2}}{6} = 1.000395427$$

Para poder realizar la comparación se calculó la distancia en el elipsoide de Hayford utilizando el software que se encontró en Internet llamado *ICOOR*, realizado por Walter Serra, en la página de la Universidad Nacional de Córdoba, [www.efn.uncor.edu/otros/foto/Software.htm](http://www.efn.uncor.edu/otros/foto/Software.htm).

La distancia calculada en Hayford es 3500.0066m, luego a esta distancia se la multiplica por la deformación lineal  $k$  recién hallada y se obtiene como resultado 3501.3906m que es la distancia en la proyección Gauss-Krüger.

Esto mismo sucede para la proyección UTM al realizar la comparación, pero sin considerar el detalle del elipsoide de Hayford pues para aplicar esta proyección no se realiza una transformación de datum como sí se hace para la Gauss-Krüger.

Además se puede hacer esto utilizando los mapas de convergencia y deformación lineal de las proyecciones, interpolando los valores representados en los croquis. El resultado de esta aplicación será aproximado pues la variación de estos coeficientes no es lineal.

**B.** Gracias al ejemplo mostrado en la *PROBLEMÁTICA* se observa que con una simple transformación, rotación y un cambio de escala entre resultados de proyecciones diferentes, no es posible hacer coincidir los resultados obtenidos.

**C.** El ejemplo 1 del *ANÁLISIS* muestra que la distancia entre dos vértices a una altura de 550m de un elipsoide de referencia y la distancia entre los mismos pero sobre este elipsoide (altura 0m), difiere en menos de medio metro cuando el valor de estas distancias es menor a, o del orden de, 5000m. Y esto se traduce en una diferencia de superficie del 0.017%.

**D.** Comparando los resultados obtenidos al proyectar el mismo predio, suponiéndolo en diferentes lugares estratégicos dentro del territorio nacional, se observa diferencias en la superficie, deslindes y forma de los predios.

**D1.** La diferencia en superficie no supera los límites de tolerancia que propone la DNC de Uruguay.

**D2.** La diferencia en deslindes no supera los límites de tolerancia que propone la DNC de Uruguay.

**D3.** La diferencia en la forma de los predios resultó sumamente considerable.

**E.** Se logró obtener una proyección URU TM con menor deformación lineal que la Gauss-Krüger y que la UTM extendida en los extremos del país.

**F.** Se logró obtener una proyección con menor deformación lineal que la UTM zona 21 sobre el meridiano central de la proyección.

**G.** Se logró alcanzar iguales valores de convergencia que la proyección UTM zona 21, pero sin discontinuidades en el signo del valor (considerando que tienen diferente meridiano central). Con respecto a la proyección Gauss-Krüger los valores de

convergencia son similares ya que las proyecciones tienen asociados sistemas de referencia diferentes.

**H.** En la DNC de Uruguay no existen límites de tolerancia para restringir los resultados en las entregas de los planos de mensura.

**I.** Si en DNC existieren límites de tolerancias de medición las simplificaciones observadas sobre alturas en el ejemplo 1 del *ANÁLISIS* y sobre superficie elipsoidal en el *MARCO TEÓRICO* deberían ser estudiadas nuevamente. Las tolerancias existentes en Catastro que se han mencionado en el informe son únicamente para cotejo, es decir de uso interno de los funcionarios, no impidiendo el registro de los planos.

**J.** A las diferencias obtenidas entre los resultados de las distintas proyecciones hay que agregarle los diversos errores producidos en todo el procedimiento que lleva a cabo el profesional actuante. Pues en este trabajo se pretende sólo destacar los errores causados por la proyección cartográfica escogida y no por los procedimientos de medición.

## CONSIDERACIONES

**A.** Las pequeñas diferencias que se observan en los ejemplos de la *observación A* al comparar la distancia obtenida aplicando el valor de deformación lineal  $k$  con la obtenida de la proyección con el programa *Leica Geo Office*, se debe a que las deformaciones son puntuales y a las aproximaciones consideradas en la deducción de las fórmulas de cálculo de  $k$ . Por la misma razón y por la deflexión angular de la geodésica los valores de los azimut con deformación (proyectados) no son exactamente iguales entre sí en esta *observación*.

**B.** A causa de que las deformaciones son puntuales y según lo visto en la *observación B*, es que en el ejemplo mostrado en la *PROBLEMÁTICA* no se logra hacer coincidir los puntos de control con los movimientos y el cambio de escala realizados.

**C.** Teniendo en cuenta la *observación C* se concluye que para el caso de realizar planos de mensura de predios rurales en Uruguay, no es necesario considerar la altura de los vértices del predio, ya que la diferencia obtenida en el ejemplo 1 del *ANÁLISIS* es despreciable comparada con el tamaño de la parcela mensurada para las tolerancias actuales.

**D.** Considerando los ejemplos 2, 3 y 4 del *ANÁLISIS* podría concluirse que es necesario definir para el país una proyección única para presentar los planos de mensura de predios rurales.

**E.** En referencia a la conclusión anterior se puede aclarar que es necesario definir una única proyección para el país, no porque las diferencias de superficie y deslindes sean relevantes, sino porque la conformación de los predios resulta diferente. Sería imposible armar un sistema de información territorial catastral si todos los profesionales utilizan proyecciones diferentes.

En el caso que no se definiera una única proyección los vértices en común de distintos predios tendrían diferentes valores de coordenadas al proyectar cada predio según una diferente proyección cartográfica.

**F.** Las diferencias obtenidas en superficie y deslinde en los resultados de las proyecciones son menores que las tolerancias admitidas en DNC para planos de

mensura de predios rurales, pero sí son muy importantes para proyectos de ingeniería que requieran precisión.

**G.** La proyección cartográfica escogida por el equipo de trabajo en el caso que se decida trabajar con una única proyección para el país es la URU TM, con el Sistema de Referencia asociado el actualmente utilizado en Uruguay, SIRGAS ROU-98. Esta proyección se caracteriza por ser una Transversa de Mercator, con meridiano central el de longitud  $55^{\circ}48'W$ , y factor de escala en este 0.9997. Su latitud origen es  $90^{\circ}S$ , con Falso Este = 500.000m y Falso Norte = 0m. Si bien esto sería una buena solución para el registro de planos de mensura de predios rurales se debe tener en cuenta la variabilidad de los sistemas de referencia, lo que provoca cambios en la proyección también. Por esto es que se debe tener en cuenta los procesos dinámicos que los sistemas de referencia sufren. Hoy en día estos procesos son monitoreados continuamente por lo que estos cambios son controlados. Lo que se desea subrayar es que toda propuesta que surja como solución no será definitiva.

## CONCLUSIÓN

Para definir cómo realizar el registro de planos de mensura de predios rurales en la República Oriental del Uruguay se distinguen dos posibilidades.

La primera implica establecer una única proyección cartográfica para todo el territorio nacional, con algún sistema de referencia también único asociado. Puede ser cualquiera de las citadas a lo largo del informe o alguna a la que no se haya hecho referencia. En este caso los deslindes y la superficie del predio se calcularían mediante geometría plana, y se citaría en el documento gráfico los coeficientes de deformación lineal y superficial, así como la convergencia plana de los meridianos, de modo de poder apreciar la deformación en los rumbos de los límites prediales. El documento debería incluir también la forma de aplicar los coeficientes de manera clara y concisa, facilitando la comprensión de los no especialistas en el tema. Sería oportuno incluir en el plano de mensura además de las coordenadas planas de los vértices según la proyección, las coordenadas geodésicas obtenidas tanto con métodos tradicionales como con equipos GNSS haciendo siempre referencia al sistema utilizado, de modo de contribuir con un Catastro armónico.

La segunda posibilidad establece que los deslindes presentados en el plano sean las distancias geodésicas sobre el elipsoide entre los vértices y que la superficie del predio, sea la del casquete elipsoidal determinado por los vértices del predio. Por ser el elipsoide la representación más fidedigna de la Tierra, la información presentada en base a este será la más cercana a la realidad. Ocurre en general que las operaciones sobre el elipsoide no son sencillas, por lo que para simplificar los cálculos se puede aproximar la forma del elipsoide como una figura plana (según se demostró en el *MARCO TEÓRICO*), surgida esta de proyectar el elipsoide según una proyección cartográfica local Transversa de Mercator (tangente en el baricentro o centroide del predio) que no genera deformaciones apreciables. Así pues se obtendría las distancias geodésicas de los límites, la superficie elipsoidal del predio y la forma del predio sin deformación. La figura del predio se graficaría en base a esta proyección local. Se debería incluir una planilla con las coordenadas planas del predio en la proyección local de modo de poder reproducir el gráfico, dejando claro que esas coordenadas corresponden a la proyección plana y no reflejan absolutamente nada sobre la ubicación del predio en el espacio. Como en la primera opción, con efectos catastrales, se debería incluir en el plano de mensura las coordenadas geodésicas obtenidas tanto con métodos tradicionales como con equipos GNSS haciendo referencia al sistema utilizado.

Se puede distinguir entre dos aspectos del plano de mensura. Uno como documento público de utilidad para el propietario del inmueble, y otro como fuente de información para la base de datos de Catastro. Para el caso del documento es importante el carácter de unicidad, por eso es una ventaja presentar la información sin deformación sobre el elipsoide como se explica en la segunda opción. En el caso de la base de datos catastral, podría verse como una ventaja de la primera opción la de ingresar las coordenadas planas con unidades métricas. Sin embargo no es una dificultad trabajar con coordenadas geodésicas para esto, por lo que la segunda opción abarcaría satisfactoriamente ambos aspectos.

Donde se presenta como una ventaja aprovechable el utilizar una única proyección, es en el caso de la confección de un Plan Cartográfico Nacional Impreso, donde sería recomendable utilizar la nueva proyección introducida en el Ejemplo 5.

**Se pretende hacer énfasis en esta conclusión que en los casos considerados es imprescindible normalizar la situación en el sentido de establecer normas que regulen esta temática.**

Adicionalmente se recomienda que se definan tolerancias de medición para la realización de trabajos y presentación de planos de mensura de predios rurales, ya que las tolerancias actuales en la DNC no tienen este objeto. Además estas son demasiado permisivas y en la actualidad una hectárea de campo tiene un valor para nada despreciable.

También se considera necesario crear un comité geodésico cuyos actores sean representantes de todos los involucrados en la temática, que asuma como tareas la definición y mantenimiento de un sistema y un marco de referencia geodésico y de una proyección cartográfica para el país, democratizando la información utilizada para definirlos, haciéndola pública y entendible para los usuarios y potenciales usuarios, desasnando el problema de la falta de conocimiento en el tema. Como se recomienda internacionalmente en congresos y simposios, este comité podría asociarse a la Asociación Internacional de Geodesia (IAG, del inglés *International Association of Geodesy*).

## **SIGLAS:**

BLM: Bureau of Land Management (Estados Unidos)

CAD: Computer-Aided Design

CENADOJ: Centro Nacional de Análisis y Documentación Judicial (Guatemala)

CNSS: Compass Navigation Satellite System (China)

CR05: Datum horizontal oficial para Costa Rica

CRTM05: Proyección Transversa de Mercator para Costa Rica

CSV: Comma Separated Values

DGC: Dirección General de Catastro (Tucumán y Córdoba, Argentina)

DGCeIT: Dirección General de Catastro e Información Territorial (Río Negro, Argentina)

DNC: Dirección Nacional de Catastro (Uruguay)

DORIS: Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite

DTEI: Department for Transport, Energy and Infrastructure (Australia)

ED50: European Datum 1950

ETRS89: European Terrestrial Reference System 1989

GDA94: Geocentric Datum of Australia 1994

GLONASS: Global Orbiting Navigation Satellite System

GNSS: Global Navigation Satellite System

GPS: Global Positioning System

GRS80: Geodetic Reference System 1980

GTM: Guatemala Transverse Mercator

IAG: International Association of Geodesy

IERS: International Earth Rotation and Reference Systems Service

IGM: Instituto Geográfico Militar (Argentina)

IGN: Instituto Geográfico Nacional (Argentina y Guatemala)

IGVSB: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México

IRNSS: Indian Regional Navigational Satellite System (India)

ITRF: International Terrestrial Reference Frame

ITRS: International Terrestrial Reference System

LGO: LEICA Geo Office

MGA94: Map Grid of Australia 1994

NAD: North American Datum

NAVSTAR GPS: Navigation Satellite Time And Ranging Global Positioning System

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration

PASMA: Proyecto de Asistencia a la Minería Argentina

PLSS: Public Land Survey System (Estados Unidos)

POSGAR: Posiciones Geodésicas Argentinas

PSM: Permanent Survey Marks (Australia)

QZSS: Quasi-Zenith Satellite System (Japón)

RAC: Red de Apoyo Catastral (Guatemala)

RAN: Registro Agrario Nacional (México)

RECAT: Relevamiento Catastral (Tucumán, Argentina)

REGCAN95: Red Geodésica de Canarias de 1995 (España)

REGENTE: Red Geodésica Nacional por Técnicas Especiales (España)

REGVEN: Red Geocéntrica Venezolana

RGNA: Red Geodésica Nacional Activa (México)

RIC: Registro de Información Catastral (Guatemala)

RINEX: Receiver Independent Exchange

ROU-USAMS: República Oriental del Uruguay - United States Army Map Service

SAD: South American Datum

SCIT: Servicio de Catastro e Información Territorial (Santa Fe, Argentina)

SIG: Sistema de Información Geográfica

SIGSA: Sistemas de Información Geográfica de Salta (Argentina)

SIRGAS: Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas

SIT: Sistema de Información Territorial

SLR: Satellite Laser Ranging

SPCS: State Plane Coordinate System (Estados Unidos)

TDF: Sistema de referencia en Tierra del Fuego (Argentina)

TME: Transversa Modificada Ejidal (México)

TRANSIT: Sistema de Posicionamiento Satelital Doppler

USC&GS: United States Coast and Geodetic Survey (Estados Unidos)

USDI: U.S. Department of Interior (Estados Unidos)

UTM: Universal Transversa de Mercator

VLBI: Very Long Baseline Interferometry

WGS84: World Geodetic System 84

## REFERENCIAS CONSULTADAS:

- Libro "Geodesia Geométrica" del Dr. Richard H. Rapp, Estados Unidos.
- Libro "Cartografía Matemática" del Prof. Ing. Antonio L. D'Alvia, Argentina.
- Libro "Fundamentos de Cartografía Matemática" del Prof. Sergio Baselga Moreno, España.
- Libro "Fundamentos de Geodesia Física", Alberto Benavidez Sosa, Uruguay.
- Libro "Geodesy", de Wolfgang Torgue, Alemania.
- Documento "Historia de la Geodesia" del Prof. Miguel J. Sevilla de Lerma, España.
  
- [www.ran.gob.mx](http://www.ran.gob.mx) - México [15/10/2011]
- "El mercado de Tierras en México" de Roberto Escalante, Colombia
- [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx) - México [17/10/2011]
- [mapserver.inegi.org.mx](http://mapserver.inegi.org.mx) - México [17/10/2011]
- "Normas técnicas para la delimitación de las tierras al interior del ejido" - México
- Museo Virtual Agrario - [www.museovirtualagrario.pa.gob.mx](http://www.museovirtualagrario.pa.gob.mx) - México [18/10/2011]
- "Levantamientos Topográficos y Catastrales" - México
  
- [www.landservices.sa.gov.au](http://www.landservices.sa.gov.au) - Australia - [10/10/2011]
- [www.land.vic.gov.au](http://www.land.vic.gov.au) - Australia - [10/10/2011]
- [www.dse.vic.gov.au](http://www.dse.vic.gov.au) - Australia - [10/10/2011]
- [www.icsm.gov.au](http://www.icsm.gov.au) - Australia - [12/10/2011]
- "The Map Grid of Australia 1994, a Simplified Computational Manual" - Australia
  
- [geology.isu.edu](http://geology.isu.edu) - EEUU - [03/11/2011]
- [www.nationalatlas.gov](http://www.nationalatlas.gov) - EEUU - [03/11/2011]
- [www.blm.gov](http://www.blm.gov) - EEUU - [03/11/2011]
- [www.ngs.noaa.gov](http://www.ngs.noaa.gov) - Estados Unidos - [25/11/2011]
  
- [www.mipunto.com/venezuelavirtual](http://www.mipunto.com/venezuelavirtual) - Venezuela - [04/11/2011]
- [www.igvsb.gov.ve](http://www.igvsb.gov.ve) - Venezuela - [04/11/2011]
  
- [www.catastro.rionegro.gov.ar](http://www.catastro.rionegro.gov.ar) - Río Negro, Argentina - [28/09/2011]
- [www.santafe.gov.ar](http://www.santafe.gov.ar) - Santa Fe, Argentina - [28/09/2011]
- [www.copa.org.ar](http://www.copa.org.ar) - Argentina - [28/09/2011]
- [www.agrimensores.org.ar](http://www.agrimensores.org.ar) - Argentina - [28/09/2011]
- [www.hacienda.mendoza.gov.ar](http://www.hacienda.mendoza.gov.ar) - Mendoza, Argentina - [29/09/2011]
- [www.ign.gob.ar](http://www.ign.gob.ar) - Argentina - [27/09/2011]
- [www.cba.gov.ar](http://www.cba.gov.ar) - Córdoba, Argentina - [27/09/2011]
- [www.agrimensuramza.com.ar](http://www.agrimensuramza.com.ar) - Argentina - [29/09/2011]
- [www.catastro.lapampa.gov.ar](http://www.catastro.lapampa.gov.ar) - La Pampa, Argentina - [20/10/2011]
- [economia.tierradelfuego.gov.ar](http://economia.tierradelfuego.gov.ar) - Tierra del Fuego, Argentina - [20/10/2011]
- [www.catastrotucuman.gov.ar](http://www.catastrotucuman.gov.ar) - Tucumán, Argentina - [28/09/2011]
- "Conceptos Geodésicos Básicos" - [www.agrimensoreschubut.org.ar](http://www.agrimensoreschubut.org.ar) - Argentina - [20/11/2011]
- "Materialización de un Sistema de Referencia Geocéntrico de alta precisión mediante observaciones GPS" de Virginia Mackern - Argentina
- [www.elagrimensor.net](http://www.elagrimensor.net) - Argentina - [27/11/2011]
- [www.efn.uncor.edu](http://www.efn.uncor.edu) - Argentina - [01/12/2011]
  
- [www.uecatastro.org](http://www.uecatastro.org) - Costa Rica - [20/10/2011]
  
- [www.ji.gov.do](http://www.ji.gov.do) - República Dominicana - [20/10/2011]
  
- [www.oj.gob.gt](http://www.oj.gob.gt) - Guatemala - [20/10/2011]
- "El Catastro Territorial en República de Guatemala" de Liz Moreno y Diego Alfonso Erba, Guatemala
- "Manual de Normas Técnicas y Procedimientos Catastrales del RIC" - Guatemala
- [www.ric.gob.gt](http://www.ric.gob.gt) - Guatemala - [19/10/2011]
  
- [www.boe.es](http://www.boe.es) - España - [19/10/2011]
  
- [www.catastro.gub.uy](http://www.catastro.gub.uy) - Uruguay - [12/11/2011]
- [www.fing.edu.uy/ia](http://www.fing.edu.uy/ia) - Uruguay - [12/11/2011]
- "Parámetros de Transformación entre el Sistema SIRGAS 95 y los Sistemas Locales CDM y ROU-USAMS (Yacaré)" de Roberto Pérez Rodino - Uruguay
- Información del curso de Catastro 2009 de José Luis Nierderer - Uruguay
- Información del curso de Cartografía 2010 y 2011 de Ricardo Martínez - Uruguay
- [www.sgm.gub.uy](http://www.sgm.gub.uy) - Uruguay - [04/11/2011]
  
- [www.sirgas.org](http://www.sirgas.org) - [25/11/2011]

## AGRADECIMIENTOS

Ing. Roberto Pérez Rodino  
Ing. Agrim. José Luis Niederer  
Ing. Agrim. Jorge Faure  
Ing. Agrim. Danilo Blanco  
Ing. Agrim. Ricardo Martínez

### Contactos del exterior:

Kim Nisbet - *South Australia, Australia*  
Chris Egan - *Victoria, Australia*  
Arnaldo Arreola Semadeni - *México*  
Luisa Reyna Soto - *México*  
Luis Antonio Márquez Amiela - *México*  
Ezequiel Acuña - *Tierra del Fuego, Argentina*  
Guillermo Arhex - *La Pampa, Argentina*  
Esteban González - *Salta, Argentina*  
Ana María Robin - *Mendoza, Argentina*  
Eduardo Oliván - *Mendoza, Argentina*  
Horacio Fernández - *Mendoza, Argentina*  
Juan Villella - *Córdoba, Argentina*  
Javier Ginestar - *Córdoba, Argentina*  
Juan Carlos García - *Córdoba, Argentina*  
Raúl Diburzi - *Santa Fe, Argentina*  
Reinaldo Mauriello - *Venezuela*  
Leonardo Ruiz - *Venezuela*  
Francisco Javier Ariza López - *España*  
Robert Casias - *Nuevo México, Estados Unidos*  
Tommy Börje Österberg - *Suecia*

## **ANEXOS**

### **1. Certificado Parcelario de México.**





2. En la siguiente página se adjunta un plano de mensura en trámite de registro de La Pampa, Argentina.



### 3. Resolución de la Provincia de Salta, Argentina.















