



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Propuesta de modificación al  
Artículo 12 de la Ley Minera**

**TESIS**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero en Geomática**

**P R E S E N T A**

Judith Lozada Fragoso

**DIRECTOR DE TESIS**

M.I. Adolfo Reyes Pizano



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA  
COMITÉ DE TITULACIÓN  
FING/DICyG/SEAC/UTIT/025/16

Señorita  
JUDITH LOZADA FRAGOSO  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. ADOLFO REYES PIZANO, que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO GEOMÁTICO.

**"PROPUESTA DE MODIFICACIÓN AL ARTÍCULO 12 DE LA LEY MINERA"**

- INTRODUCCIÓN
- I. ANTECEDENTES
- II. PLANTEAMIENTO DEL ERROR
- III. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN
- IV. PLANTEAMIENTO DE LA PROPUESTA COMO SOLUCIÓN ELEGIDA
- V. ALCANCES
- VI. SEGUIMIENTO DE LA PROPUESTA
- VII. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria a 3 de marzo del 2016.  
EL PRESIDENTE

M.I. GERMÁN LÓPEZ RINCÓN

GLR/MTH\*gar.

M.I. Adolfo Reyes Pizano  
4/mayo/2016.

Ing. Gonzalo López de Haro  
12/mayo/2016

4/mayo/2016  
Norma Isela Vega  
Deloya

*Handwritten notes:*  
13-05-16  
Dy. Patricia Gtz. Amadoro.

---

## **Agradecimientos**

*Nadie aprende de la misma forma pero dudo que se pueda comparar el esfuerzo que cada quien requiere para lidiar con su propio reto de vivir, aprender, mejorar, contribuir a un fin común; es por ello que solamente queda aprender, saber no teorizar antes de conocer los hechos, trabajar duro y constante por mejorarse a uno mismo, no permanecer ignorante voluntariamente, dejar de ser indolente e indiferente a lo que ocurre alrededor, entender que sí, la Universidad, es sin duda un elemento fundamental para crecer personalmente, profesionalmente, laboralmente y que siempre se puede ser mejor, pero igual de importante es saber observar para utilizar esas herramientas adquiridas dentro de un aula en favor de quien lo necesita, enfocar lo que se conoce hacia un fin concreto y saber observar.*

*A, mi madre, por ser símbolo de constancia y aprendizaje continuo, por enseñarme que el compromiso es un valor que reditúa en muchas satisfacciones, que la responsabilidad me hará cumplir mis metas, que si bien las cosas no son sencillas tampoco son inalcanzables, por su apoyo incondicional.*

*Al mis tíos, primos, abuelos, que han sido parte de mi formación y me han motivado e impulsado a mejorar.*

*A mis sinodales: Ing. Patricia Gutiérrez Arredondo, Ing. Norma Isela Vega Deloya, Ing. Marcos Trejo Hernández e Ing. Gonzalo López de Haro, por contribuir al desarrollo de mi tesis y permitirme aprender de ellos.*

*Al Doctor en Geofísica Andrés Tejero, quien aún sin ser mi profesor de carrera, ha cedido tiempo y dedicación para enseñarme todo lo que requerí para comprender otros aspectos del campo de acción de mi carrera así como el desarrollo de mi tesis, particularmente en lo*

*referente a gravimetría y por facilitar el material necesario para desarrollarla.*

*A mis hermanos, Isaac y Gabriela, por ser mis compañeros durante muchas travesías, por estar presentes en cada paso que doy.*

*Al Maestro en Ingeniería Adolfo Reyes Pizano, un profesor siempre dispuesto a atender a sus alumnos, ejemplo de constancia, quién además de dirigir mi tesis me ha mostrado el gran valor de esta carrera y lo necesario que es mejorar.*

*Al Ingeniero Javier Jiménez Espriú, por ser ejemplo de conocimiento en todo aspecto, grandeza y sencillez.*

---

---

*Al M.I. Miguel Figueroa Bustos, Secretario Académico de esta facultad por brindar su apoyo y asesoría en todo cuanto fue necesario semestre a semestre hasta culminar con este trabajo y fungir como un respaldo académico de gran peso cuando se requirió.*

*A los Ingenieros Topógrafos Geodestas Juan Ernesto Cortés Pérez, Sandra Pérez Páez y José Luis Mendoza Mendoza por su apoyo y contribución al desarrollo de esta tesis así como el apoyo a los alumnos de la carrera año con año.*

*A mis profesores, que durante nueve semestres mantuvieron un esfuerzo constante en transmitirnos las armas suficientes para ser buenos profesionistas, buenos ciudadanos y no perder de vista nuestro compromiso con la sociedad.*

*Al Doctor en telecomunicaciones Salvador Landeros Ayala, quién con su esfuerzo, dedicación y disponibilidad fue un aliciente constante para impulsarme a aprender cada día más, mostrarme la importancia del valor de la integridad de una persona aunada a la importancia de ser no solo buen profesionista sino de los mejores, por enseñarme lo que de su área concierne e influye también al área en la que me desenvolveré como profesionista.*

*Agradeceré también a quienes tocaron mi vida, mis compañeros de carrera y de otras carreras que posteriormente se convirtieron en mis amigos, compañeros de metas y apoyo en todo momento. Pasó no tan rápida como cargada de enseñanzas, experiencias y valores adquiridos mi estancia por a UNAM, siempre con algo nuevo que aprender, alguien a quién admirar, algo por qué motivarse y una meta por la cual seguir avanzando.*

*Al Ingeniero Topógrafo Geodesta José Luis Méndez Narez, por ceder gran parte de su tiempo a ayudarme a desarrollar este tema y por nunca negarse a prestar su ayuda y apoyo en lo que los alumnos de esta carrera hemos requerido.*

*A los Ingenieros Luis Antonio Márquez Amieva, Mauro Chávez Arista, Fernando Garfias, Carlos Arizmendi, Enrique López de Haro, que a lo largo de la carrera han contribuido a mi formación, enseñándome a trabajar, compartiendo sus experiencias y abriendo las puertas a los estudiantes de esta carrera dentro de los congresos, conferencias informativas, empresas y proyectos.*

---

## ***Dedicatoria***

***Mamá, fue un compromiso de ambas el llegar hasta este punto, espero que al igual que yo lo estoy de ti te sientas profundamente orgullosa de este logro, gracias por estar siempre dispuesta a apoyarme en cualquier decisión que tome, gracias también por motivarme a seguir avanzando.***

## Índice

<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>3</b>

### **Capítulo I. Antecedentes**

➤ I.I Marco Teórico .....	4
➤ I.II Marco Legal.....	9
- Ley Minera.....	9
○ Generaciones de cartografía minera a partir de modificaciones a la Ley.....	10
- Reglamento de la Ley Minera.....	17
- Manual de Servicios al Público.....	19
➤ Marco Geográfico y geodésico del País.....	23

### **Capítulo II. Planteamiento del error**

➤ Introducción.....	31
➤ Consideraciones al momento de definir y delimitar un lote minero.....	35
- Definición de lote minero según el Artículo 12 de la Ley Minera de 1992.....	35
- Delimitación de un lote minero según el Manual de Servicios al Público en Materia Minera.....	36
- Comparativa respecto de las cuatro generaciones de cartografía minera.....	37
○ Concesiones y Títulos de Concesión y Asignación Minera.....	43
➤ Análisis Geodésico y cartográfico.....	46
- Diferencia entre Levamientos Topográficos y Geodésicos.....	46
- Sistemas de coordenadas utilizados en Minería.....	50
- Conversión de coordenadas .....	56
○ Sistema Terrestre Topocéntrico Astronómico Local.....	59
○ Sistema Terrestre Topocéntrico Geodésico Local.....	60
○ Sistema Terrestre Geocéntrico Geodésico.....	60
○ Proyección Cartográfica Universal	

Transversa de Mercator UTM.....	66
▪ Carta topográfica 1:50 000.....	75
➤ Planteamiento final de los errores encontrados.....	80

### Capítulo III. Alternativas de solución

➤ Propuesta de la Gradícula Minera.....	95
➤ Modificación parcial del Artículo 12 de la Ley Minera.....	97
➤ Modificación al artículo 12 de la Ley Minera y creación del Procedimiento para generar Cartografía Minera.....	98

### Capítulo IV. Presentación de la propuesta como solución elegida.

➤ Modificación parcial al Artículo 12 de la Ley Minera y establecimiento del proceso de transformación de coordenadas para generar cartografía minera.....	101
- Presentación de la propuesta.....	102
➤ Propuesta	
• <b>Parte I:</b> Modificación al artículo 12 de la Ley Minera.....	104
- Motivos que amparan la Modificación del Artículo 12.....	104
- Redacción del Artículo 12 de la Ley minera modificado.....	105
• <b>Parte II:</b> Procedimiento para dibujar un lote minero.....	105
- Motivos que amparan la necesidad de crear el procedimiento.....	105
- Presentación del procedimiento.....	106
○ Método de transformación.....	107
- Complemento al Manual de Servicios al Público en Materia Minera.....	122
○ Motivos que amparan la Modificación del Manual de Servicios al Público en Materia minera.....	122
○ Redacción de las fracciones modificadas del Manual de Servicios al Público en Materia Minera.....	122

### Capítulo V. Alcances

➤ Alcances como propuesta.....	124
➤ Alcances para fines del trabajo de tesis.....	124

---

## **Capítulo VI. Seguimiento de la propuesta**

- **Proceso Técnico.....127**
- **Proceso Legislativo.....128**

**Resultados y Conclusiones.....132**

**Glosario de términos.....134**

**Bibliografía.....137**

**Anexos.....138**

---

## **INTRODUCCIÓN**

La ubicación geográfica de México, las condiciones climatológicas que tiene entre otros factores, al paso del tiempo, han hecho a este país poseedor de enormes riquezas y dentro de ellas se encuentran los minerales.

Desde tiempos de la conquista, los recursos minerales han fungido como impulsores en el desarrollo de la economía nacional e internacional. La minería en el país ha dejado huella y constituye un eslabón fundamental en la historia del mismo, su huella puede verse en muchos lugares, algunos de ellos ciudades importantes de lo que hoy en día conocemos como México, lugares que antaño fueron Reales de Minas, Minerales o Pueblos Mineros.

En la actualidad la actividad minera sigue siendo parte fundamental de la economía Mexicana y ha permitido al país competir a nivel internacional, colocándose en el primer lugar en el mundo en producción de plata.

Sin embargo, en el quehacer de esta rama de la ingeniería se han encontrado también errores técnicos, específicamente hablando, al momento de delimitar un lote minero, derivando en incertidumbre sobre los parámetros que lo definen como son la representación cartográfica y su correcta ubicación.

El presente trabajo de tesis tiene como finalidad evidenciar los errores en el aspecto técnico de la cartografía minera encontrando su origen en la definición de lote minero especificada en el Artículo 12 de la Ley minera.

La aseveración de la existencia de estos errores descansa en un análisis Geodésico que ampara la incongruencia encontrada en la definición de lote minero expuesta en el Artículo 12 de la Ley Minera; de la misma manera, se plantea la necesidad de generar un procedimiento basado en transformación de coordenadas que permita obtener de manera correcta la ubicación de los vértices de un lote minero ya sea

---

con la finalidad de dibujar o de replantear; por último se exponen los motivos que amparan la modificación del Artículo 12, la redacción final del mismo y el procedimiento a seguir para transformar coordenadas de un sistema a otro.

Estos errores, derivados de ignorancias técnicas al momento de definir un lote minero y de dibujarlo sobre una carta topográfica han generado, en acumulación a lo largo de los años, una cartografía cuyo fin es ser únicamente ilustrativa.

Desde los inicios de la explotación de los yacimientos minerales se han descuidado aspectos técnicos, uno de estos, la ciencia de la cartografía, al momento de dibujar y definir un lote minero.

Hasta el momento, las modificaciones a la Ley Minera no han tenido un impacto tal que corrijan la manera de hacer cartografía minera y tampoco lo han tenido los distintos intentos o propuestas de corrección dentro de las que destaca “La Gradícula minera”.

---

## **OBJETIVOS**

### ➤ **General**

Demostrar que geodésicamente la definición de lote minero es errónea según lo plantea el Artículo 12 de la Ley Minera al igual que la manera de dibujar un lote minero y plantear una propuesta de modificación a dicho Artículo planteando los motivos que la amparan y estableciendo la redacción final de dicha propuesta.

### ➤ **Particulares**

- Mostrar los pasos a seguir en caso de que se desee llevar a cabo legalmente dicha propuesta.
- Servir como material de apoyo complementario a la asignatura de Topografía de Yacimientos Minerales que se imparte en la carrera de Ingeniería Geomática.
- Analizar los errores técnicos en que incurre la definición de lote minero y la manera de dibujarlo.
- Analizar la diferencia respecto a la Gradícula Minera.

# CAPÍTULO I

## **Antecedentes**

### **Marco Teórico**

México es rico en minerales los cuales se extraen de manera concesionada por empresas tanto nacionales como internacionales.

La minería ha llegado a sobrevivir en comunidades aisladas gracias a su simbiosis con la agricultura campesina, sin llegar a producir asentamientos estables. Muchas de las ciudades y actuales capitales de estados de la Republica como Guanajuato, San Luis Potosí, Taxco, Zacatecas y Chihuahua, entre otras, tienen su origen en el afán de los españoles por colonizar territorios con enormes yacimientos de oro y plata.

En medio de una gran cantidad de asentamientos ligados a la minería, destacan tres modelos. Los modelos a continuación mencionados representan los aspectos económicos, ambientales, culturales y sociales y su impacto en las personas y en la misma industria conjuntada en un área específica:

#### ➤ **Primer modelo de la sociedad colonial minera: Real de Minas**

Los reales de minas surgen como control de comercio y extracción de plata por parte de la corona española. En ellos se hizo presente el aparato de estado español a través de una serie de instituciones orientadas a fiscalizar los impuestos mineros, controlar las operaciones de las casa de moneda, organizar la mano de obra indígena y su comercialización a través de la encomienda, comerciar esclavos negros y fomentar todas las actividades ligadas al ramo minero como medio de supervivencia.

En diversas zonas de México fue establecido este modelo en el que se involucraban centros mineros, haciendas agroganaderas y comunidades indígenas como el Bajío (Guanajuato, San Luis Potosí), la Sierra Gorda de Querétaro, Zacatecas-Fresnillo, Pachuca-Real del Monte y las comunidades indígenas de la Huasteca y el Valle del Mezquital, el área de Hidalgo del Paral, etcétera.

Durante la independencia, casi todas los Reales de Minas se vieron afectadas por la crisis gradual de la minería de los metales preciosos, incluso hubo casos donde no fue posible restaurar la minería. Algunos de estos centros por consiguiente se urbanizaron después incluso de vivir un “último aire” de auge gracias a la inversión extranjera. Actualmente muchos de ellos se han convertido en capitales regionales cuya economía se basa en el comercio, sin embargo no han dejado a la minería de lado, sino que sigue siendo una fuente de riqueza e incluso de atractivo turístico.

➤ **Segundo modelo: Los Minerales**

Entre 1880 y 1910, la minería en nuestro país vivió un periodo de reestructuración y modernización productivas, contraste notorio después del periodo de decadencia y estancamiento en el que había estado décadas atrás. Este periodo fue dirigido por la idea empresarial extranjera, principalmente consorcios norteamericanos.

El modelo minero-empresarial norteamericano se expandió hasta el norte fronterizo del país, controlando a los pueblos apaches y expropiando bosques y tierras comunales, otorgándole propiedad de enormes yacimientos minerales a estos consorcios.

El norte de México, considerado entonces “la tierra promisoría de los minerales” atraía en 1900 el 75% de la inversión extranjera, aportaba más del 70% del valor de producción minera nacional y ocupaba cerca del 60% de los mineros cuyo salario casi triplicaba el de los de las minas del centro del país.

Los pueblos mineros que surgen de este impulso colonizador derivan de una concepción empresarial, difieren mucho de la estructura de los Reales de Minas. Estos fueron llamados “Los Minerales”, pueblos aislados, nacidos en zonas deshabitadas, desérticas o serranas, creados para atraer mano de obra (siempre escasa) a las minas y dependientes totalmente del poder empresarial. Geográficamente se encontraban lejos de los centros urbanos y enclavados en áreas de difícil acceso.

El diseño urbano resultante de la iniciativa patronal respondió casi siempre a una clara filosofía del espacio: la de concebir a las ciudades mineras como una prolongación de la vida laboral y una reserva segura de trabajo capaz de compensar el desgaste, la rotación y la inestabilidad de la mano de obra derivadas de las condiciones del mercado del trabajo minero.

➤ **Tercer modelo: Sindicalismo**

Desde la década de los 40`s los minerales han ido perdiendo su carácter de enclave tanto en el aspecto geográfico (al estar inmersos en un sitio aislado) como en el aspecto social (han dejado de ser motivo de creación de grupos de personas congregadas inmersas y subyugadas a otro grupo de

características diferentes: políticas, administrativas) para dar lugar a un modelo nuevo.

La minería se ha integrado al sector industrial del País regresando a manos de la inversión nacional, es así como el Gobierno y de los inversionistas nacionales han recuperado parte del control de las empresas mineras aunque se siga dependiendo en gran medida de la inversión extranjera.

La consolidación de los sindicatos trajo consigo poder político: un poder capaz de cuestionar las designaciones de derechos sobre los trabajadores que la iniciativa extranjera antes se atribuía, poseía o disponía de forma ilegítima para obtener poder.

Los obreros entonces ya poseían voz y voto a través de su sindicato, fomentado por los gobiernos postrevolucionarios. Como consecuencia de ellos disminuyó el monopolio de las empresas en la gestión de los minerales.

Los minerales entonces se independizaron de las empresas y dejaron de ser (gradualmente) exclusivamente una comunidad laboral para convertirse en un segmento más de la sociedad civil; pierden su aislamiento y se integran a la rutina de la sociedad y cultura nacionales. Por ejemplo: Cananea (Sonora), Nueva Rosita (Coahuila) y Santa Rosalía (Baja California).

En la actualidad la minería no depende de un patrón, de un dueño o de un líder sindical, esto ha pasado a ser asunto exclusivo de los trabajadores de ciertos rangos. Pertenecer a un Sindicato es derecho de un trabajador, pero éste no controla la producción de la mina, únicamente cuida las condiciones de los trabajadores dentro de las minas. Actualmente la minería en México funciona mediante concesiones otorgadas a grandes emporios empresariales y a pequeñas empresas mineras por un lapso de tiempo definido y con posibilidad de renovación,

estas empresas mineras solicitan permiso al País para explorar su terreno y extraer los minerales que en él se encuentren bajo la supervisión de distintos organismos y bajo la regulación de uno solo.

El organismo que actualmente regula el funcionamiento de una unidad minera es la Dirección General de Regulación Minera, (DGRM) que depende de la Secretaría de Economía.

Como sucede a lo largo de la historia en cualquiera de sus ramas, el ser humano ha tenido que valerse de distintos medios para regirse, la minería no fue la excepción. Para poder explotar minerales fue necesario delimitar zonas. Como anteriormente se mencionó estas áreas se fueron modificando en cuanto a forma y dimensión, de igual manera las especificaciones de las mismas.

Surgió así la cartografía minera como una manera de controlar el espacio que pertenecía a una u otra empresa minera. La cartografía en sus inicios se llevaba a cabo de una manera muy simple, midiendo con unidades poco precisas y basándose en puntos de referencia sobre el terreno que probablemente en nuestros días han dejado de existir.

Inicialmente, las unidades mineras eran propiedades particulares y cartográficamente hablando no se ubicaban con precisión, antes de la conquista, por ejemplo solo se tenían códigos que daban una idea de ubicación, al llegar los españoles se establecieron cédulas y más adelante surgieron las ordenanzas seguidas de modificaciones a estas por el año 1773.

Posteriormente, a finales del siglo XIX y principios del XX se comenzó a ubicar con mayor precisión la propiedad minera siguiendo el desarrollo de la veta (en tiempos anteriores lo más común era que se siguiera el desarrollo de la veta al carecer de medios de medición más precisos) conforme los instrumentos de medición lo permitían.

## **Marco Legal**

Existen tres documentos en área Minera que se ven involucrados para fines de este trabajo, es decir, que tienen relación directa o indirectamente con cartografía minera.

Para ello se analizarán únicamente los fragmentos de estos documentos que estén relacionados, se enunciarán sus primeros artículos con la finalidad de definir el campo de acción de cada uno y a continuación el o los artículos que refieran a cartografía minera; para ello se señalarán subrayadas las partes que hacen referencia a otro documento y relacionan al mismo con cartografía minera o la definición de lote minero.

Estos tres documentos son la Ley Minera, el Reglamento de la Ley Minera y el Manual de Servicios al Público en Materia Minera, y se describen a continuación.

### ➤ **Ley Minera**

La Ley Minera (en adelante Ley) es el documento al que se sujetan la exploración, explotación y beneficio de los minerales.

Surgió a partir de la necesidad de definir aspectos legales de los que a la industria minera respecta y su área abarca desde definir lo que se considera como mineral hasta la asignación y derechos de los terrenos que contienen minerales ante distintas instituciones para regularlos.

Para realizar un análisis de la situación actual de la cartografía minera, se establecen cuatro generaciones de cartografía minera derivadas de

modificaciones a la definición de lote minero y su punto de partida a que hace referencia la Ley.

Se ubica la Ley Minera de 1930 como el punto de partida de lo que se denominan más adelante Generaciones de Cartografía Minera. De las cuatro generaciones mencionadas a continuación, las tres primeras fueron retomadas de la propuesta de la Gradícula Minera debido a que su planteamiento fue considerado práctico para este trabajo.

Cada Generación que a continuación se menciona plantea una manera distinta de ubicar un lote minero tanto en su trazo perimetral como en la ubicación de su punto de partida.

### **Generaciones de Cartografía Minera:**

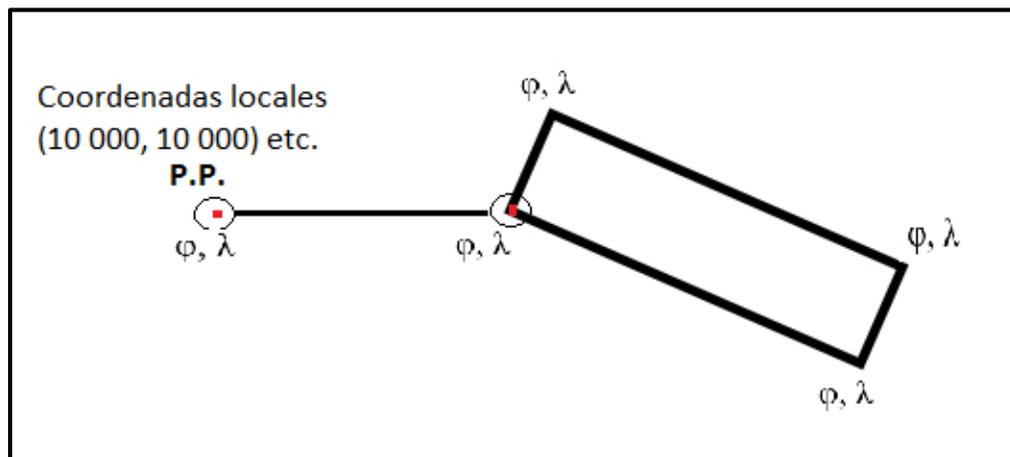
- **Primera Generación**

Parte de la promulgación de la Ley de 1930 que entró en vigor el 1 de Octubre de 1930 y estuvo vigente hasta el 19 de Octubre de 1961.

Esta generación destaca lo siguiente:

- El punto de partida se ubica por medio de referencias físicas del terreno como cerros, ríos, etc.
- Los lados del perímetro se orientan a rumbo de veta, sus dimensiones aumentan en múltiplos de cien metros y mantienen ángulos rectos (90 grados) entre ellos.
- Se orientan astronómicamente mediante observaciones al sol.
- Su precisión es de 1 minuto de arco.

Los lotes pertenecientes a esta generación se ejemplifican del siguiente modo:



*Ilustración 1: Primera Generación de cartografía minera.*

○ **Segunda Generación**

Parte de la modificación a la Ley Reglamentaria del Artículo 27 constitucional en materia de explotación y aprovechamiento de recursos minerales que estuvo vigente a partir del 20 de abril de 1961 hasta el 19 de febrero de 1976.

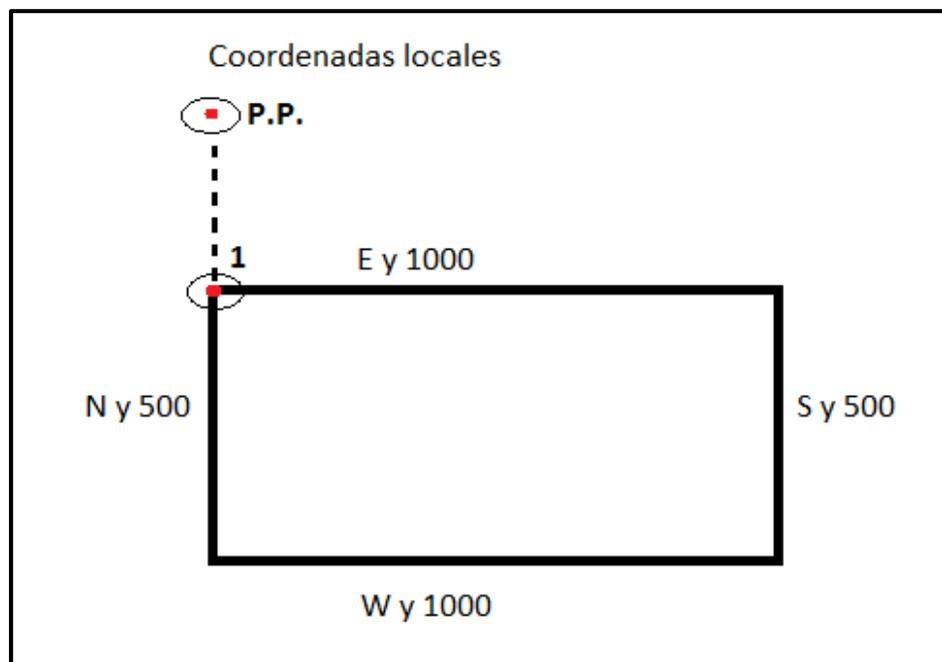
En esta generación destaca lo siguiente:

- El punto de partida se ubica mediante referencias físicas del terreno como cerros, ríos, poblados, etc. Para ello tomaban gráficamente las coordenadas de la carta CETENAL (Comisión de Estudios de Territorio Nacional 1:50 000) y se dibujaba el lote en ella.

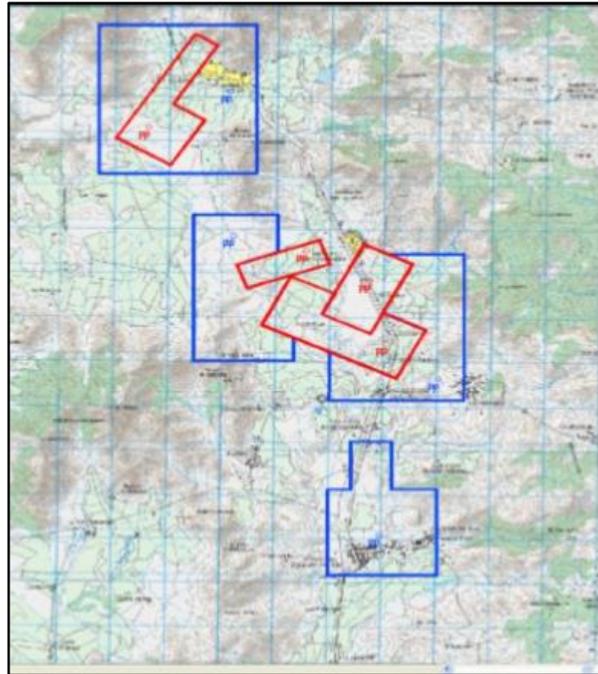
- Para definir su perímetro se dibujaban lados de longitudes en múltiplos de cien metros y rumbos francos.
- La orientación del lote se hacía con observaciones al sol con la inclusión de teodolitos de mayor aproximación con los cuales se obtuvieron precisiones mayores.
- La precisión era de un minuto de arco. Debido a que el método que establecía la Ley Minera únicamente garantizaba esa precisión.

A partir de esta generación se dejan de ubicar lotes de manera inclinada debido a la restricción de establecer solo rumbos francos en los lados del perímetro.

Se ejemplifica a continuación:



*Ilustración 2: Segunda Generación de cartografía minera.*



*Ilustración 2.1: En color azul y sobre la carta CETENAL se observa la segunda generación de Cartografía Minera según se expone en la propuesta de "La Gradícula Minera".*

○ **Tercera Generación**

La tercera generación parte de la modificación a la Ley Reglamentaria del artículo 27 constitucional en materia minera con un periodo de vigencia del 20 de febrero de 1976 al 24 de noviembre de 1992, año en que se dio la última modificación.

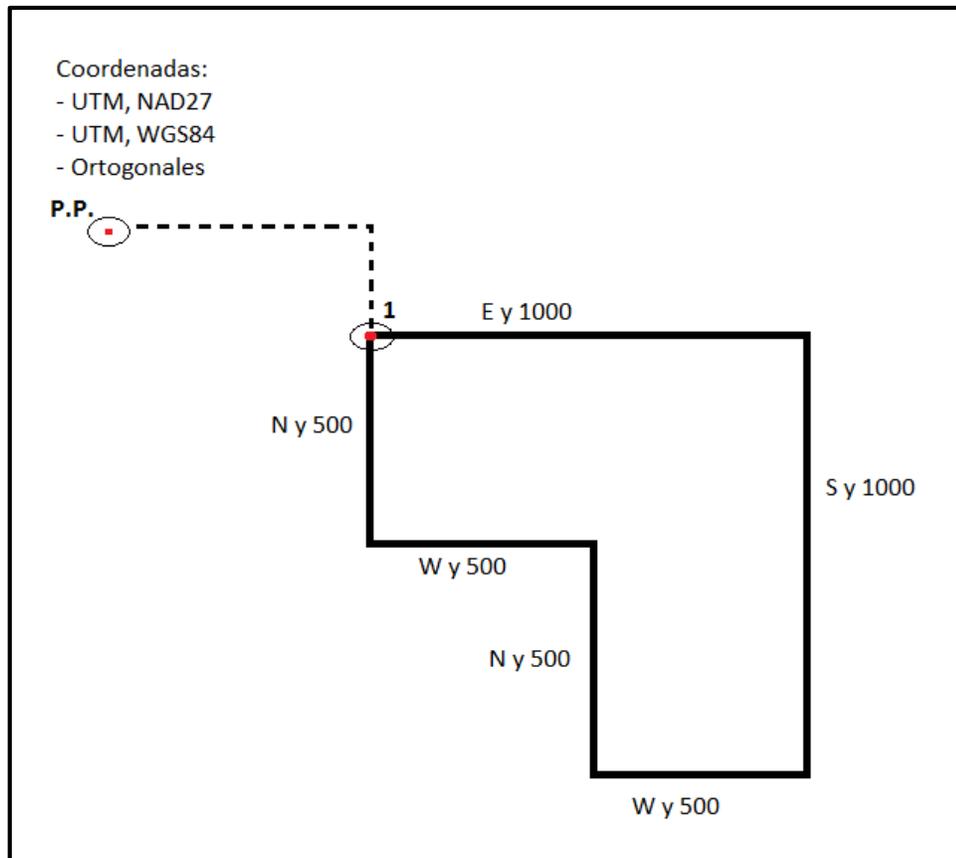
En esta generación, la cartografía minera distingue lo siguiente:

- La ubicación de su punto de partida se da mediante la obtención de coordenadas en la proyección UTM. Para ello se utiliza equipo GPS o en su defecto ligas topográficas a puntos de control establecidos en la Subred Geodésica Minera.

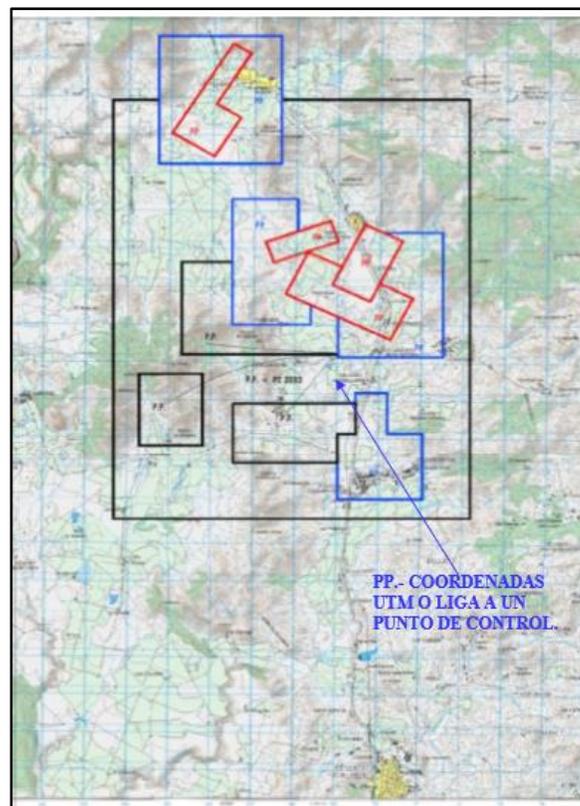
- Al igual que en la generación anterior, en cuanto al perímetro, los lados se ubican en múltiplos de cien y rumbos francos.
- La orientación sigue siendo astronómica con rumbos francos.

Hasta esta generación, los lotes continúan definiéndose sobre la cartografía nacional (cartas topográficas) de INEGI o mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG en adelante).

Se ilustra a continuación



*Ilustración 3: Tercera Generación de cartografía minera.*



*Ilustración 3.1: Se observa en color negro la tercera generación y se señala el punto de partida en coordenadas UTM o con liga a un Punto de control. Imagen tomada de la propuesta de "La Gradícula Minera"*

- **Cuarta generación**

Surgió como un híbrido de las leyes anteriores. Esta Ley no conserva un fundamento topográfico sino que exige uno geodésico, especialmente si se considera que la superficie de un lote minero deja de estar restringida a 500 hectáreas.

La cuarta generación es en la que nos situamos actualmente, entró en vigor a partir del 25 de noviembre de 1992 y se enuncia de la siguiente manera:

## **Ley Minera de 1992**

**Entra en vigor a partir del 25 de noviembre de 1992.**

### **Capitulo Primero: Disposiciones Generales**

**Artículo 1:** La presente Ley es reglamentaria del Artículo 27 constitucional en materia minera y sus disposiciones son de orden público y de observancia en todo el territorio nacional. Su aplicación corresponde al ejecutivo Federal por conducto de la Secretaría de Economía.

**Artículo 2:** Se sujetaran a las disposiciones de esta Ley la explotación, exploración y beneficio de los minerales o sustancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos, así como de las salinas formadas directamente por las aguas marinas provenientes de mares actuales, superficial o subterráneamente de modo natural o artificial y de las sales o subproductos de estas.

### **Capitulo Segundo: De las Concesiones, Asignaciones y Reservas Mineras.**

**Artículo 12:** Toda concesión, asignación o zona que se incorpore a reservas mineras deberá referirse a un lote minero, solido de profundidad indefinida, limitado por planos verticales y cuya cara superior es la superficie del terreno sobre la cual se determina el perímetro que comprende.

Los lados que integran el perímetro deberán estar orientados astronómicamente Norte-Sur y Este-Oeste y la longitud de cada lado

será de cien o múltiplos de cien metros, excepto cuando estas condiciones no puedan cumplirse por colindar con otros lotes mineros.

El trabajo de tesis se centra en el artículo 12 de la Ley de 1992 que hace referencia a la definición de lote minero tal como se señala subrayado arriba.

Bajo estas condiciones, las concesiones de grandes dimensiones, cartográfica y geodésicamente hablando se salen del contexto planteado en el Artículo 12 de la Ley.

La Ley Minera define un lote minero, sin embargo las particularidades de su trazo son especificadas en dos documentos que se mencionan a continuación.

➤ **Reglamento de la Ley Minera**

El segundo documento involucrado es el Reglamento de la Ley Minera (en adelante Reglamento). Los puntos a considerar de éste son los siguientes:

**Reglamento de la Ley Minera**

**Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de Octubre de 2012**

**Titulo Primero**

**Disposiciones Generales**

**Capitulo Primero: De las definiciones**

**Artículo1:** El presente Reglamento tiene por objeto regular el otorgamiento y administración de las concesiones mineras y la forma en que se ejercerán y cumplirán los derechos y obligaciones que de ellas deriven.

## **Titulo Segundo**

### **Concesiones, Asignaciones y Reservas Mineras**

#### **Capitulo primero: De las concesiones y asignaciones mineras.**

**Artículo 16:** Las solicitudes de concesión o de asignación minera además de lo previsto en el artículo cuarto<sup>1</sup> de este Reglamento, deberán contener:

- 1.- Nombre del lote.
- 2.- Superficie del lote en hectáreas.
- 3.- Municipio y estado en que se ubique el lote.
- 4.- Nombre de los principales minerales o sustancias motivos de las obras y trabajos mineros.
- 5.- Coordenadas de ubicación del punto de partida. De dicho punto se expresaran las referencias aproximadas a lugares conocidos y centros de población de la zona y se anotara la ruta de acceso desde el poblado más cercano.
- 6.- Lados, rumbos y distancias horizontales y, en su caso, la línea o líneas auxiliares del punto de partida a dicho perímetro en los términos del Artículo 12 de la Ley Minera.

---

<sup>1</sup> El Artículo 4 del reglamento de la Ley Minera indica la manera en la que se debe entregar a la Dirección General de Regulación Minera cualquier solicitud, aviso, informe o promoción en cuanto al formato y datos del solicitante.

Además se especifica:

Toda solicitud, incluyendo las que tengan carácter de simultaneas, se acompañará de una carta topográfica del INEGI o bien una porción de la misma, en la que se mostrará y precisará la localización de las coordenadas del Punto de Partida del lote y su perímetro.

Para todos los efectos legales, los valores de las coordenadas del Punto de Partida que se aporten en la solicitud serán los mismos que aparezca en el título de concesión o asignación minera que se otorgue y prevalecerán por sobre la existencia y ubicación física de la mojonera o señal que se construya.

En los casos en que el Punto de Partida señalado en la solicitud sea diferente al del establecido en la declaratoria de libertad de terreno de un lote minero, se deberá hacer una referencia con el nuevo punto, por cualquiera de los medios establecidos en el Manual.

El Reglamento en su Artículo 16 refiere al artículo 12 de la Ley y al Manual de Servicios al Público en Materia Minera, este último es el tercer documento que se analizará y se desglosa a continuación.

➤ **Manual de Servicios al Público en Materia Minera**

El Manual de Servicios al Público en Materia Minera (Manual en adelante) tiene por objeto establecer los conductos y formularios para la recepción de los asuntos previstos en el Reglamento de la Ley Minera, precisar las particularidades del punto de partida y los requisitos de los trabajos periciales.

**Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de Julio de 1999**

**Título Segundo:**

**Capítulo II: De los planos**

**Disposición Vigésima Tercera:** El plano a que aluden los tres últimos párrafos del artículo 16 del Reglamento de la Ley Minera deberá ser una copia de la porción de la carta topográfica editada por INEGI a escala 1:50 000 en la que se localiza el lote, dibujando con tinta negra en la misma un punto dentro de un círculo que indique la posición del punto de partida, seguido de las iniciales P.P., así como la línea auxiliar y el perímetro del lote numerando todos los vértices de él.

La copia será de tamaño carta como mínimo y deberá llevar anotado al calce el nombre del lote, número de registro y del título, en su caso, y de la unidad administrativa correspondiente, superficie en hectáreas, coordenadas geográficas o UTM, el nombre y número de la carta INEGI, si como el nombre y firma del interesado.

**Disposición Vigésima Cuarta:** Los planos con información de la cartografía minera se proporcionarán con las siguientes características:

- I.- Estarán orientados astronómicamente Norte-Sur, Este-Oeste.
- II.- Acotados en sus márgenes con coordenadas geográficas.
- III.- Con los P.P. de la Subred Geodésica Minera y los lotes mineros que en ellos se localicen, así como con la anotación de sus correspondientes datos de identificación.

**IV.-** A escala 1:50 000, correspondiendo a las cartas topográficas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI o en porciones de las hojas anteriores, de 5 minutos de latitud por 5 minutos de longitud, o en la porción antes mencionada, a escala 1:25 000.

En este apartado se define lo que debe aparecer dentro de la carta topográfica; sin embargo, no se dan detalles de cómo hacerlo.

#### **Capítulo IV: De los trabajos Periciales**

**Fracción Vigésima Cuarta:** En la porción de la carta topográfica mencionada se deberán consignar los siguientes datos:

- i. Posición del Punto de Partida definitivo dentro de un círculo, seguido de las iniciales P.P.D.
- ii. Croquis del perímetro del lote trazado con línea gruesa.
- iii. Línea auxiliar trazada con línea interrumpida.
- iv. Posición del Punto de Control y del monumento que se ubica en el extremo de la línea base dentro de un círculo seguido de las iniciales "P.C" o "L.B".
- v. En su caso, liga del nuevo Punto de Partida Origen al Punto de Partida Origen de la concesión minera que se sustituye con excepción de su rumbo astronómico y distancia.
- vi. Recuadro de identificación con el nombre del lote y número de expediente o de título al que se sustituye; coordenadas del Punto de Partida expresadas con decimales; nombre y número de la carta o cartas topográficas que comprende; nombre completo, número de registro y firma del perito.
- vii. Ruta de acceso del centro de población más cercano al punto de partida trazada con línea gruesa a color.

Dentro del Manual se describe y especifica lo que debe aparecer en la carta topográfica que se presente ante la DGRM, sin embargo no se especifica el procedimiento que se debe seguir para dibujar correctamente un lote minero.

Además en otra sección del Manual se especifican los métodos aprobados para el levantamiento de un lote minero.

### **Sección Tercera: Levantamiento**

**Fracción Décima Octava:** Para la determinación del Punto de Partida Definitivo deberá aplicarse cualquiera de los métodos que a continuación se mencionan:

1. Poligonación: Medición directa a partir de una línea base de los ángulos y distancias entre puntos consecutivos que forman una poligonal.
2. Triangulación: Determinación de longitudes de los lados de un sistema de triángulos interconectado a partir de una línea base por medio de la medición de todos sus ángulos.
3. Lectura autónoma de satélites: Lectura de transmisiones radiales provenientes de satélites artificiales por medio de un receptor GPS ubicado en el Punto de Partida Origen.
4. Lectura de satélites para traslocalización: Lectura simultanea de transmisiones radiales provenientes de satélites artificiales mediante dos o más receptores GPS ubicados en el Punto de Control y el Punto de Partida Origen respectivamente.

**Fracción Vigésima:** La secretaría otorgará validez de Puntos de Control a aquellos determinados por lectura de satélite para tras localización.

La Ley minera refiere al Reglamento y este a su vez hace referencia al Manual de Servicios al Público en Materia Minera (en adelante Manual). En la sección del “Marco Legal” se desglosaron los puntos de estos tres documentos que tienen relación con cartografía minera y la definición de lote minero.

### **Marco Geográfico y Geodésico<sup>2</sup>**

Para comprender los planteamientos y análisis posteriores se presenta a continuación los marcos geográfico y geodésico de la República Mexicana. La institución en nuestro país que se encarga de estas dos áreas es el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI en adelante).

Es importante en todo que hacer geográfico el conocer la ubicación de la República Mexicana, sus límites y fronteras y su división política. Estos elementos contribuyen a ubicar con cierta precisión lo que se encuentra dentro de ella.

#### **➤ Marco Geográfico-Minero**

La República Mexicana está situada en el continente americano en el hemisferio norte. México se extiende entre los paralelos 14° 32' 27" en la desembocadura del río Suchiate y el 32° 43' 06" y entre las longitudes Oeste de Greenwich de 118° 22' 06" y 86° 42' 36" respectivamente.

---

<sup>2</sup>Parte de la información aquí expuesta se obtuvo del portal del INEGI.

El área del territorio Mexicano se ha modificado a lo largo del tiempo de acuerdo con la mayor precisión de los levantamientos geográficos y en nuestros días se acepta como cifra oficial la de 1.9 millones de kilómetros cuadrados de superficie continental; 5,127 kilómetros cuadrados de superficie insular y 3.1 millones de kilómetros cuadrados de Zona Económica Exclusiva, por lo que la superficie total de México supera los 5 millones de kilómetros cuadrados.

México tiene derechos económicos sobre la Zona Económica Exclusiva de exploración y explotación además de libertades de navegación y sobrevuelo.

Existe una amplia variedad de minerales en la Tierra. La naturaleza los presenta en lugares donde se acumulan, conocidos como yacimientos, los cuales se encuentran al aire libre o en el subsuelo, a diferentes profundidades, o en el fondo del mar.

Las 32 entidades federativas de la República Mexicana cuentan con yacimientos mineros. A nivel nacional destaca la producción de 10 minerales (oro, plata, plomo, cobre, zinc, fierro, coque, azufre, barita y fluorita), seleccionados por su importancia económica y su contribución a la producción nacional.

México en la actualidad ocupa el primer lugar en producción de plata y destaca en la producción de fluorita, zinc, plomo, entre otros.

➤ **Marco Geodésico**

El marco de referencia geodésico constituye uno de los elementos fundamentales para el desarrollo de la información geográfica nacional. En este orden, el marco tiene implicaciones asociadas al desarrollo científico y

tecnológico, así como en el económico, de preservación del medio ambiente y de contribución a la sustentabilidad económica y social de México.

La Geodesia es la ciencia que desarrolla y estudia los métodos, tecnologías y procedimientos dirigidos a determinar con exactitud el tamaño y la forma de la tierra, incluyendo su campo gravitacional externo, como algo que cambia respecto del tiempo.

Los datos geodésicos son útiles para referir levantamientos cartográficos y catastrales, hacer análisis espacial de cartografía temática en Sistemas de Información Geográfica (SIG en adelante), establecer bases geodésicas para la definición de límites, entre otros.

El campo de la Geodesia está asociado, entre otras cosas, al aprovechamiento de recursos del espacio aéreo, terrestre y marino de, en este caso, la República Mexicana.

En México, el conocimiento de la Geodesia se remonta a la era prehispánica; por mencionar un ejemplo, el calendario azteca es testimonio de la comprensión de la astronomía por parte de nuestros antepasados, así como las pirámides de Teotihuacán, cuyas construcciones y disposición geométrica tienen una escala relacionada con las dimensiones de la tierra y una orientación referida a los cuerpos de nuestro sistema solar.

La actividad geodésica ha recorrido un largo camino desde la época donde se ocupaban cintas para medir y los aparatos conocidos como teodolitos. Gracias a los avances de la tecnología, es posible contar con instrumentos y equipos electrónicos, ópticos, inerciales y de rayo láser; además del Sistema de Posicionamiento Global (GPS en adelante), los sensores remotos y las computadoras, que contribuyen al posicionamiento geodésico.

Este último es uno de los métodos con el cual se posicionan los puntos de partida de los lotes mineros y con los que se plantea la propuesta final de modificación.

El Marco de Referencia Geodésico es la materialización del Sistema Geodésico Nacional y está constituido por la Red Geodésica Horizontal, la Red Geodésica Vertical y la Red Geodésica Gravimétrica.

La Red Geodésica Nacional está compuesta por estaciones geodésicas horizontales, verticales y gravimétricas establecidas físicamente y distribuidas de forma homogénea en el territorio nacional, sobre las cuales se han hecho mediciones de precisión y de apoyo de parámetros físicos de acuerdo a estándares internacionales, que permiten su interconexión y la determinación de su posición y altura geográfica, así como del campo gravimétrico externo asociado, con relación al sistema de referencia considerado. Constituye la estructura de referenciación geodésica para el país.

En minería, los puntos de control, puntos de liga y puntos de partida que se utilizan para delimitar un lote minero posteriormente, son pertenecientes o ligados a la Red Geodésica Horizontal que establece el INEGI o a la Subred Geodésica Minera.

El objetivo principal de la Red Geodésica Horizontal consiste en establecer un sistema de control horizontal bajo estándares de exactitud posicional para diversas aplicaciones, está compuesta por un conjunto de estaciones geodésicas horizontales, representadas por placas metálicas, alojadas sobre monumentos de concreto o empotradas sobre rocas u obras de infraestructura.

La cartografía formal y los grandes proyectos de ingeniería, en este caso los que atañen a minería, requieren de ubicarse dentro de un Marco de Referencia que permita definir inequívocamente y con precisión los diversos rasgos y puntos de interés que se hallen en el terreno; para ello es necesario crear una cadena de puntos interconectados y de procesar los datos de manera conjunta a fin de determinar su posición relativa para formar una red primaria de posicionamiento geodésico.

La Red Geodésica Horizontal a su vez se divide en dos:

- Red Geodésica Tradicional o Pasiva (RGNP):

Constituida por más de 100 mil estaciones geodésicas materializadas sobre el terreno que pertenecen a 3 capas: Horizontal, Vertical y Gravimétrica.

- Red Geodésica Nacional Activa (RGNA en adelante)

Constituida por un conjunto de 24 estaciones de monitoreo continuo de datos GPS distribuidas estratégicamente en el territorio nacional, que materializan el sistema geodésico nacional en su vertiente horizontal y proporcionan servicios de posicionamiento geodésico a los usuarios mediante datos en línea y coordenadas en el marco oficial.

Cada estación de la RGNA a que se liga un levantamiento geodésico desempeña un papel activo, al funcionar como puntos de referencia para determinar las diferencias entre sus posiciones altamente precisas y las posiciones de nuevos puntos derivadas directamente de los datos transmitidos por el sistema de satélites de navegación global

(GNSS); así, mediante la técnica del posicionamiento diferencial, la RGNA ofrece información geodésica acorde a las precisiones que proporcionan los equipos GPS.

Conjuntamente, el INEGI pone a disposición la Subred Geodésica Minera.

- Subred Geodésica Minera

Posterior a la publicación del instructivo para la ejecución de trabajos periciales<sup>3</sup> publicado en 1990 la Ley Minera de 1992 delega en la Secretaría de Economía la responsabilidad de administrar la cartografía minera, para ello establece las especificaciones de lo que en ella debe indicarse: ubicación y perímetro de los lotes mineros que amparan concesiones, asignaciones o reservas mineras que se encuentren vigentes y solicitudes de estos en trámite. Señala también que cualquier persona que así lo deseara puede acceder a esta información.

Por su parte, el Reglamento de 1993 también señala la preferencia de que el punto de partida se ubique mediante sus coordenadas.

Ante la ausencia de vértices pertenecientes a la Red Geodésica Nacional cercanos a las zonas de explotación o con potencial minero, la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal y el INEGI plantearon en mayo de 1991 las bases de cooperación para el establecimiento de puntos de control oficial que integrarían la Subred Geodésica Minera.

---

<sup>3</sup> Fue creado con el objeto de asegurar que fueran proporcionadas con exactitud las coordenadas de los puntos de partida de los lotes mineros solicitados. El Reglamento de la Ley Minera dispuso la expedición, por parte de la Secretaría de Energía, Minas e Industria Petrolera del Instructivo para la ejecución de trabajos periciales y se publicó en diciembre de 1990.

Más tarde, entre diciembre de 1992 y junio de 1994 el INEGI procedió al reconocimiento, documentación y posicionamiento de 600 puntos de control, distribuidos en 28 entidades federativas del país, de los cuales 320 fueron financiados por particulares. A partir de cada línea base con precisión angular mínima de 5 segundos de arco, precisión lineal no menor de 1: 50 000.

Los puntos de control de la Subred Geodésica Minera y el extremo de sus líneas base fueron establecidos físicamente por medio de bloques de concreto aplanados en su cara superior, con las siguientes especificaciones: sección horizontal cuadrada de 30 cm por lado y 60 cm de altura cuya posición exacta se señala mediante una barra de hierro de 12.7 milímetros de diámetro, empotrada verticalmente desde su cara superior horizontal al centro y al ras, en la cual está grabada la abreviatura "P.C." y el número que le corresponde. Dichos monumentos se sepultaron a una profundidad de 90 cm de la superficie<sup>4</sup>.

El inventario de estos puntos de control fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 27 de junio de 1994 por la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal y a fin de facilitar su uso se acordó la edición de esa monografía al INEGI.

La monografía contiene los puntos de control, sus coordenadas geográficas y en la proyección UTM, con la indicación del meridiano central al que están enlazadas, la distancia horizontal y rumbo geográfico desde cada uno de ellos al extremo de su línea base, además contiene las coordenadas ortogonales de dicho extremo, la

---

<sup>4</sup> Subred Geodésica Minera

porción de la carta INEGI a escala 1:50 000, que indica la localización de ambos puntos entre otras cosas.

Las coordenadas y rumbo relativas a cada punto de control consignadas en el recuadro superior de la primera página asignada a cada punto están referidas al entonces Datum Oficial en vigor NAD 27 así como al elipsoide de Clarke 1866 cuyo vértice origen se localiza en Meade's Ranch, Kansas, E.U.A.

Las consignadas en la parte inferior de relacionan al sistema geodésico ITRF 92 , época 1988, cuyo elipsoide asociado es el GRS80, con origen geocéntrico que ha proyectado oficializar el INEGI para su empleo.

El establecimiento de la Subred Geodésica Minera se realizó también con la finalidad de hacer factible una cartografía minera exacta, toda vez que las coordenadas de los lotes enlazados a ella se obtienen con buena precisión.

## CAPÍTULO II

### Planteamiento del error

#### ➤ **Introducción**

El error encontrado en la cartografía minera tiene origen en la definición de lote minero y en las especificaciones para dibujarlo, ambos puntos se exponen en el Artículo 12 de la Ley Minera y en el Capítulo IV del Manual a que hace referencia el Reglamento de la Ley Minera.

A lo largo de los años se han hecho modificaciones a dichos documentos, originando nuevas especificaciones para dibujar y definir un lote minero en una carta topográfica. Sin embargo se han cometido errores en éste que hacen que a su vez repercuta en otros.

La última modificación al Artículo 12, permite evidenciar de una manera más clara dichos errores al especificar que un lote minero tenga lados múltiplos de cien metros, rumbos francos y esté orientado astronómicamente sin restringir el tamaño del lote (anteriormente estaba limitado a 500 hectáreas).

Cabe mencionar que sin importar el tamaño de las dimensiones del lote, técnicamente el error en la definición de lote minero existe. Hay que tener en cuenta que al hablar de distancias en el terreno, lo que geodésicamente puede notarse, topográficamente puede no notarse, por tanto, las correcciones geodésicas relacionadas a la curvatura terrestre, conforme la curvatura va disminuyendo, resultan innecesarias, dicho de otra manera, son despreciables.

El error técnico existe, pero al hablar de lotes de dimensiones pequeñas (topográficas), este error “no pinta”, por ello se mantiene la idea de que la definición de lote minero resulta perfectamente aplicable o en su defecto una

Corrección geodésica resulta inaplicable para la mayoría de las concesiones vigentes, sin embargo no se puede negar la existencia de dicho error.

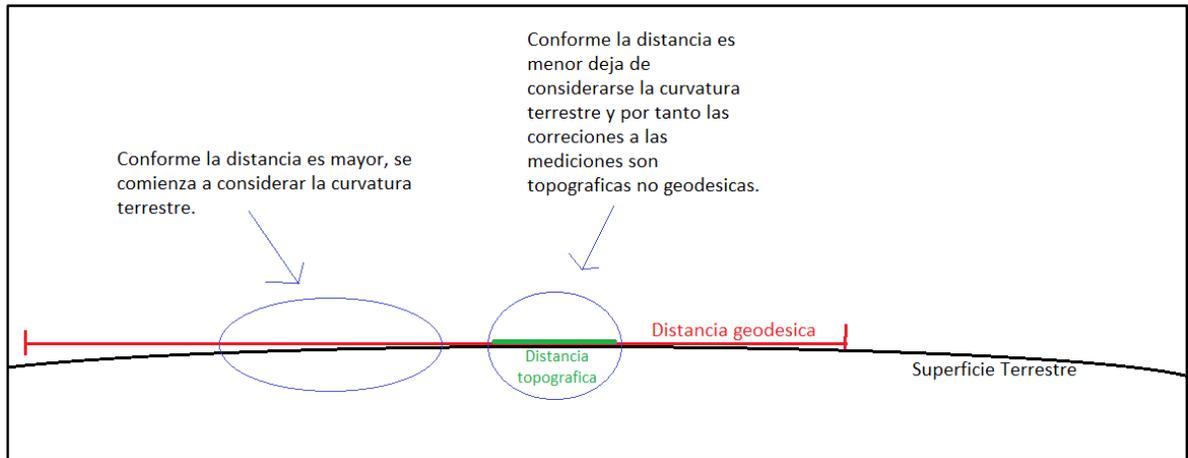
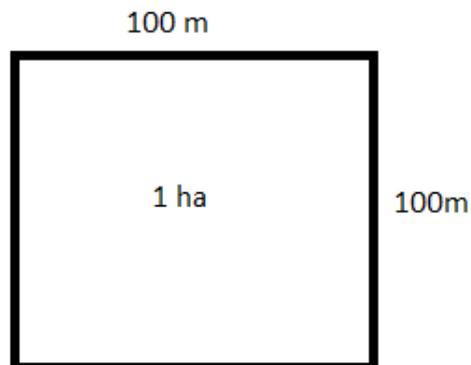


Ilustración 2.1: Ejemplificación de una distancia geodésica contra una topográfica.

Esto se puede visualizar de una manera más práctica haciendo el siguiente análisis:

- Recordando que:  $hectarea = ha$   
 $hectometro = hm$   
 $1 ha = 1 hm^2 = 10,000 m^2$

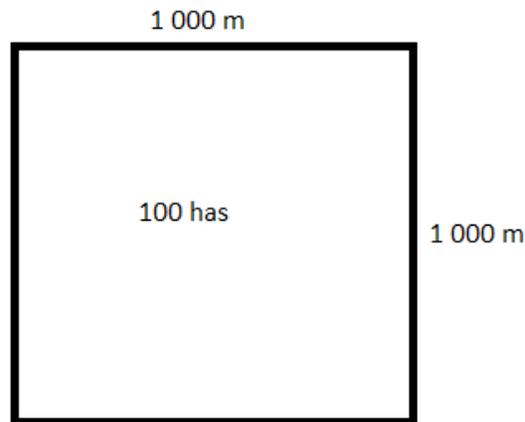
Se puede visualizar una hectárea ideal como un cuadrado de 100 X 100 metros, lo cual es considerado una distancia dentro del marco de lo topográfico.



Como se mencionó anteriormente, la curvatura de la tierra es despreciable para 100 metros y esta distancia por tanto se considera plana.

- Ahora bien:  $100 \text{ has} = 100 \text{ hm}^2 = 1,000,000 \text{ m}^2$

Se puede visualizar de manera ideal como un cuadrado de 1000 x 1000 metros. Para 1000 metros, la curvatura de la tierra sigue siendo despreciable.

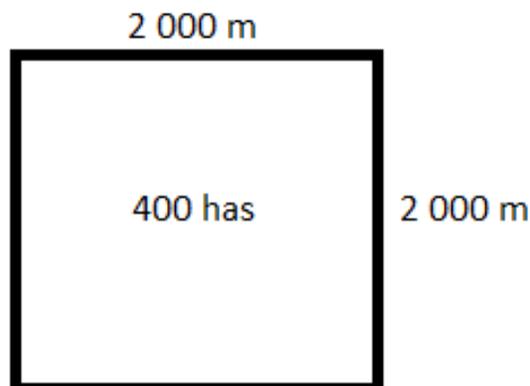


Existen aproximadamente 30 mil concesiones vigentes en la República Mexicana de las cuales al menos el 50% tienen una superficie menor a 100 hectáreas. Por ello, para estas concesiones el Artículo 12 de la Ley Minera resulta aplicable o mejor dicho, el error no es evidente.

- Aproximadamente otro 20% de las concesiones mineras vigentes se encuentran en el rango de entre 100 y 400 hectáreas. Haciendo el mismo ejercicio resulta que:

$$400 \text{ has} = 400 \text{ hm}^2 = 4,000,000 \text{ m}^2$$

Se puede visualizar de manera ideal como un cuadrado de 2000 x 2000 metros, esto siguen estando dentro de lo considerado topográfico.



Hasta aquí, el 70% de las concesiones mineras vigentes tienen una superficie para la cual el error técnico del Artículo 12 “no es evidente”.

La evidencia de la existencia de dicho error se visualiza de una manera más clara en las concesiones realmente grandes (conforme aumenta el tamaño el error se hace más evidente) con superficies por encima de las 1000 hectáreas (que son aproximadamente un 15%) y las que tienen un perímetro particularmente complejo en cuanto a su forma ya que los lotes mineros no son cuadrados ni rectángulos ideales como los planteados en los ejemplos anteriores.

Es por ello que en la última modificación al Artículo 12, al no restringir las dimensiones del lote, se visualiza este error de una manera más clara. De igual forma, al conjuntar lotes pequeños se visualizan errores como traslapes y separaciones.

En estrecha relación con la definición de lote minero se encuentra la representación cartográfica, ya que lo que en el terreno es topográfico, al momento de representarlo en la cartografía base (cartas de INEGI, SIG) tiene que pasar por un tratamiento específico que incluya consideraciones como el sistema de coordenadas en el que se trabaja, las transformaciones de coordenadas correspondientes para convertir desde lo dibujado hasta coordenadas sobre el terreno o cualquier otro tipo de coordenadas según se requiera.

En consideración a este panorama, se presenta a continuación el análisis geodésico y cartográfico que llevara a la ubicación de los errores técnicos contenidos en la definición de lote minero y derivados de esta.

➤ **Consideraciones al momento de definir y delimitar un lote minero**

○ **Definición de Lote Minero según el Artículo 12 de la Ley Minera**

El Artículo 12 de la Ley Minera vigente define a un lote minero de la siguiente manera:

“Sólido de profundidad indefinida limitado por planos verticales y cuya cara superior es la superficie del terreno sobre la cual se determina el perímetro que comprende.

Los lados que integran el perímetro deberán estar orientados astronómicamente Norte-Sur y Este-Oeste y la longitud de cada lado será de cien o múltiplos de cien metros excepto cuando estas condiciones no puedan cumplirse por colindar con otros lotes mineros.”

La definición especifica una orientación astronómica con lados múltiples de cien metros y la única omisión a estas condiciones es “cuando no puedan cumplirse por colindar con otros lotes”.

Además de lo especificado en la Ley, el Reglamento de la Ley Minera en su Artículo 16 señala que las solicitudes de asignación o concesión minera entre otras cosas deben incluir los lados, rumbos y distancias horizontales y la línea o líneas base en los términos del Artículo 12 en una carta o porción de carta topográfica en donde se dibuje dicho lote y según lo especifique el Manual.

A su vez, el Manual señala las especificaciones del plano que se menciona en el Reglamento. Por tanto existe relación entre la definición de lote minero y la generación de cartografía minera.

○ **Delimitación de un lote minero según el Manual de Servicios al Público en Materia Minera.**

En su capítulo IV plantea:

En la porción de la carta topográfica mencionada se deberán consignar los siguientes datos:

- Posición del Punto de Partida definitivo dentro de un círculo, seguido de las iniciales P.P.D.
- Croquis del perímetro del lote trazado con línea gruesa.
- Línea auxiliar trazada con línea interrumpida.
- Posición del Punto de Control y del monumento que se ubica en el extremo de la línea base dentro de un círculo seguido de las iniciales “P.C” o “L.B”.

- En su caso, liga del nuevo Punto de Partida Origen al Punto de Partida Origen de la concesión minera que se sustituye con excepción de su rumbo astronómico y distancia.

Tanto la Ley como el Manual establecen que se debe definir un lote minero como se indica y lo que debe contener la porción de carta en la que se dibuje, sin embargo no establecen el procedimiento para dibujarlo.

Cabe considerar que lo ideal para poder representar lo existente en campo sobre una carta topográfica sería delimitar en terreno un lote y posteriormente transformar los datos obtenido en campo a coordenadas UTM para poder dibujarlo de una manera precisa, sin embargo el procedimiento para delimitar un lote minero se realiza directamente sobre la cartografía base de INEGI, por tanto es necesario analizar las características de dicha cartografía base para ubicar el error y posteriormente buscarle solución.

- **Comparativa respecto a las 4 generaciones de cartografía minera.**

Las 4 generaciones de cartografía minera que se definen en el Capítulo I tienen características distintas:

- **Primera Generación**

Esta generación carece de un sistema de coordenadas y una cartografía como base, por tanto se utilizaban sistemas de coordenadas locales o bien coordenadas geodésicas.

Se tomaba como punto de partida cualquier obra minera como socavones, tiros o pozos; su ubicación se hacía mediante referencias físicas como poblados, cerros y ríos.

La orientación de los lados del lote dependía del rumbo de la veta bajo las condiciones de que fueran de longitudes múltiples de 100 metros y manteniendo ángulos rectos (90°).

El método de posicionamiento astronómico garantizaba únicamente una precisión de 1' de arco por lo cual el punto podía ubicarse en un entorno de aproximadamente 1800 metros.

Ilustración 2.1: Primera Generación de Cartografía minera. Las iniciales P.P. hacen referencia al punto de partida y a partir de ahí se traza una liga hacia el primer vértice del lote. Únicamente se mantienen ángulos rectos entre los

### ▪ Segunda Generación

En esta existe ya una cartografía minera base con cartas a escala 1:50 000 gracias a la creación de la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL).

El punto de partida continúa siendo una obra minera existente, la ubicación de estos sigue siendo mediante referencias físicas ya sea al terreno o a otras obras mineras.

Los lados del perímetro del lote continúan siendo de dimensiones múltiples de 100 metros pero se orientan con rumbos francos Norte-Sur o Este-Oeste. A excepción de los que no mantenían esta forma horizontal o vertical por colindar con lotes ya existentes anteriormente y que por tanto poseían mejores derechos.

Ilustración 2.2: Segunda generación de Cartografía minera. Se introducen los rumbos francos en los lados del perímetro del lote minero.

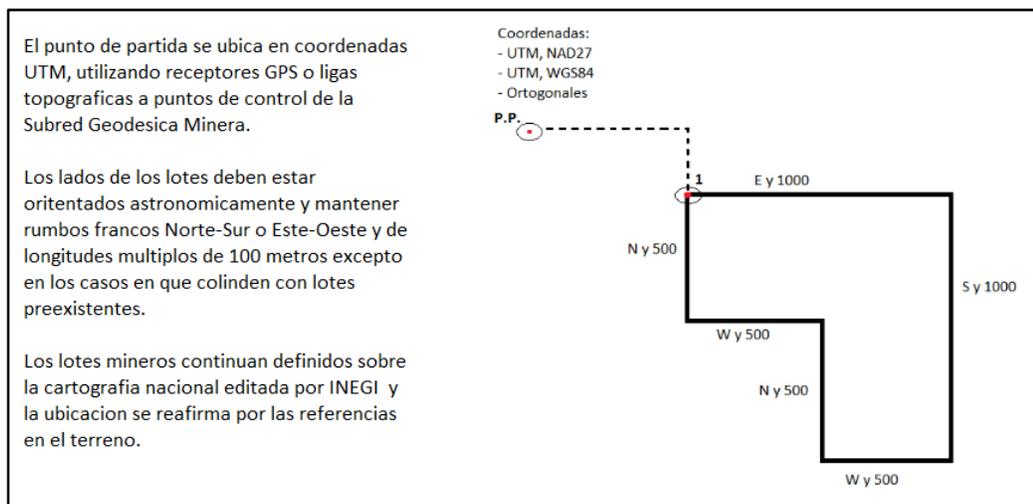
En esta generación las coordenadas del punto de partida (PP en adelante) podían determinarse mediante observaciones al sol y se

comenzaron a utilizar teodolitos de mayor aproximación para obtener mejores precisiones, sin embargo la aproximación que el método aprobado por la Ley garantizaba era de 1' de arco.

Los títulos de concesión contenían las coordenadas del P.P. que se tomaban de la carta CETENAL que eran UTM o bien geográficas. Pero el utilizar estas coordenadas obtenidas a partir de las cartas CETENAL generaba incertidumbre en torno a la posición del P.P. respecto de lo existente en el terreno.

### ▪ Tercera Generación

La ubicación del P.P. se da mediante la obtención de coordenadas en la proyección UTM NAD27<sup>1</sup>, en coordenadas geodésicas utilizando receptores GPS obteniendo coordenadas UTM WGAS84<sup>2</sup> o mediante el uso de ligas topográficas a puntos de control de la Subred Geodésica Minera (P.C)<sup>3</sup>



*Ilustración 2.3: Tercera generación de Cartografía Minera, se mantienen los rumbos francos pero la determinación del P.P. se realiza con métodos más precisos.*

<sup>1</sup> UTM es el acrónimo de Universal Transversa de Mercator y se refiere a las coordenadas sobre esta proyección y NAD 27 es el acrónimo de North American Datum, un sistema geodésico de referencia.

<sup>2</sup> WGS 84 es el acrónimo de World Geodetic System, un sistema geodésico de referencia.

<sup>3</sup> A estas coordenadas se les denomina "Coordenadas Ortogonales". La Subred Geodésica Minera se maneja en el sistema UTM NAD 27.

En la tercera generación se introdujeron conceptos geodésicos para la determinación de la posición de los puntos de partida de los lotes mineros.

Se creó entonces la Subred Geodésica Minera referida a los Datum NAD27 así como al elipsoide de Clarke 1866 y al sistema geodésico ITRF92 época 1988 cuyo elipsoide es el GRS80, posteriormente.

La liga topográfica a los P.P. se hace por métodos topográficos o geodésicos, determinando las coordenadas UTM con GPS, pero posteriormente se calcula dicha liga refiriendo sus valores al P.P. del lote solicitado.<sup>4</sup>

- **Cuarta Generación**

Cartografía actual:

Las particularidades de la cartografía actual incluyen inconsistencias que derivan de varios factores como es el hecho de que los lotes mineros tienen un origen geodésico y perímetro topográfico, es decir que sobre una proyección cilíndrica se ubica el P.P. y se traza a partir de ahí con rumbos y distancias tal cual se hiciera en campo.

---

<sup>4</sup> MÉNDEZ Nárez José Luis y MENDOZA Mendoza José Luis. “La Gradícula Minera”. Junio de 2009

Para esta generación la determinación de las coordenadas del P.P. se realiza en el sistema ITRF<sup>5</sup> 92, que era el sistema adoptado para México a partir de 1998, más recientemente es el ITRF 08 que es la actualización del ITRF 92.

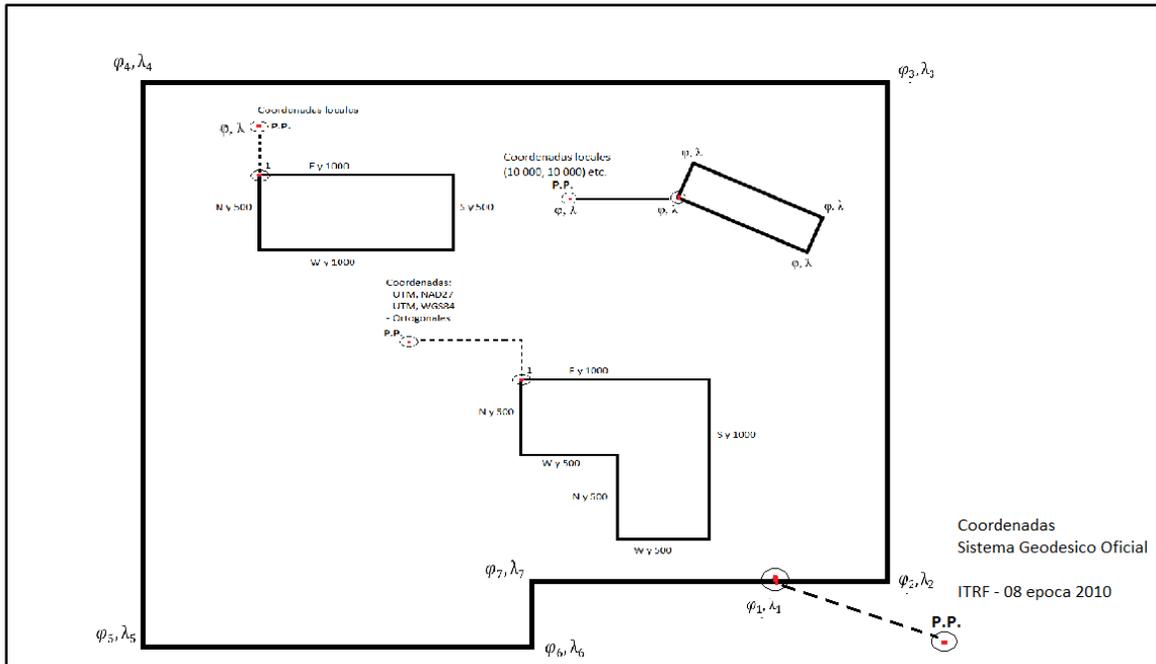


Ilustración 2.4: Conjunto de las 4 generaciones de cartografía minera.

Derivado de los cambios en los sistemas de coordenadas y considerando que la minería existe desde mucho antes de la creación de estos sistemas, se ha propiciado que en minería existan distintos tipos de coordenadas, al menos hablando estrictamente de aquellas con las que se define un Punto de Partida.

- Ortogonales derivadas de distintos puntos de control.
- UTM - NAD27
- UTM – ITRF92
- UTM – ITRF08

<sup>5</sup> ITRF (International Terrestrial Reference Frame) es un sistema geodésico de referencia posterior al NAD y al WGS 84.

- Geodésicas NAD27
- Geodésicas ITRF92
- Geodésicas ITRF08

Entendiendo a cada uno de estos sistemas como una red o malla resultaría fácil ubicar un punto sobre esta malla, visualizando ahora a las mallas que representan a cada sistema dibujadas en conjunto se podría observar el mismo punto que originalmente se encuentra sobre un sistema desplazado respecto a otro sistema.

La Dirección General de Regulación Minera (DGRM en adelante) maneja un Sistema de Información Geográfica (SIG) en el que conjunta todos los lotes mineros vigentes y está constantemente actualizándose, las inconsistencias anteriormente mencionadas pueden visualizarse en ese SIG.

Las inconsistencias encontradas y obvias en la cartografía minera son en muchas ocasiones pasadas por alto ya que oficialmente, los únicos datos que se toman como verdaderos son los que el perito minero ampara mediante el informe pericial y que posteriormente quedan asentados en los títulos de concesión o asignación minera. De manera que la cartografía actual tiene una finalidad únicamente ilustrativa; funcional hasta cierto grado pero no verídica. Resulta deber de los profesionistas en materia buscar vertientes que lleven a esos objetivos.

En las imágenes posteriores se puede apreciar la separación o traslape entre lotes mineros dibujados y conjuntados en un SIG, según lo maneja la DGRM a través del Sistema de Administración Minera (SIAM).



Ilustración 2.5.1: Cartografía minera administrada a través de la DGRM por el Sistema de Administración Minera (SIAM). En el recuadro rojo se señala un lote minero del estado de Coahuila.

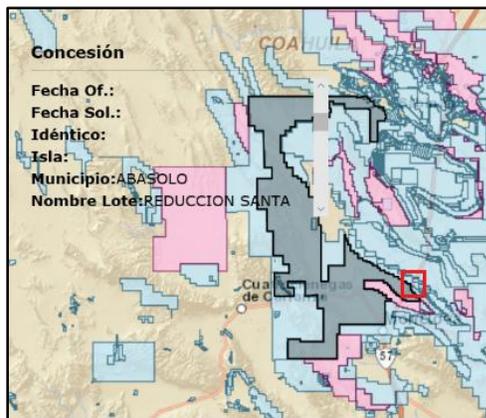


Ilustración 2.5.2: Lote "Reducción Santa" del municipio de Abasolo, Coahuila. En el recuadro rojo se señala la zona del lote en la que se observan inconsistencias.

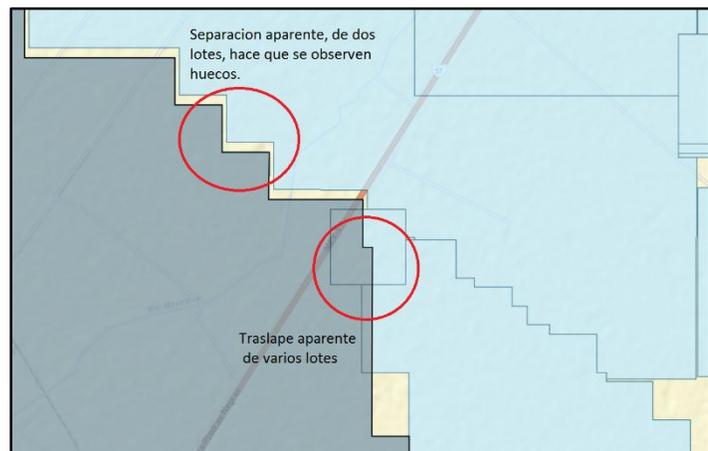


Ilustración 2.5.3: En color azul oscuro se observa el lote "Reducción Santa" y en color azul claro los lotes vecinos, se observa la separación o traslape aparente de los lotes.

▪ **Concesiones y Títulos de Concesión y Asignación Minera**

Una concesión minera es un acto del poder Ejecutivo Federal que faculta a una entidad para explorar y explotar los recursos minerales que se encuentren dentro de un lote minero.

Un título de concesión minera es un documento expedido por la Secretaría de Economía en el que se especifican las particularidades del lote minero, como son las coordenadas del punto de partida, ubicación del lote minero, superficie, perímetro y el lapso del tiempo que ampara la concesión. A través del título de concesión minera el lote minero queda formalmente establecido, este se expide con base en un informe pericial.

Para obtener un título de concesión minera es necesario que un perito minero corrobore que las dimensiones del lote y las coordenadas del punto de partida coincidan en terreno con lo que ampara la solicitud de concesión o asignación minera, la superficie del lote en hectáreas, el mineral que se pretende extraer, ubicación del lote minero y la determinación de la o las ligas del punto de partida hacia el primer vértice, una vez que esto sucede el perito minero realiza un informe que se llama “informe pericial” en el cual establece las coordenadas del punto de partida y las dimensiones del lote dando la orientación de cada lado; una vez hecho esto se expide el título de concesión especificando lo mismo. Las concesiones vigentes no son necesariamente nuevas, por lo cual existen títulos de concesión muy antiguos que conservan las características de las generaciones mencionadas anteriormente.

En las imágenes posteriores se muestran dos ejemplos de títulos de concesión minera señalando con color rojo las características de ubicación del punto de partida, perímetro y otros aspectos que ejemplifican las particularidades y contrastes entre dos generaciones, señalando con ello la evolución de la manera de definir un lote.

## Planteamiento del Error

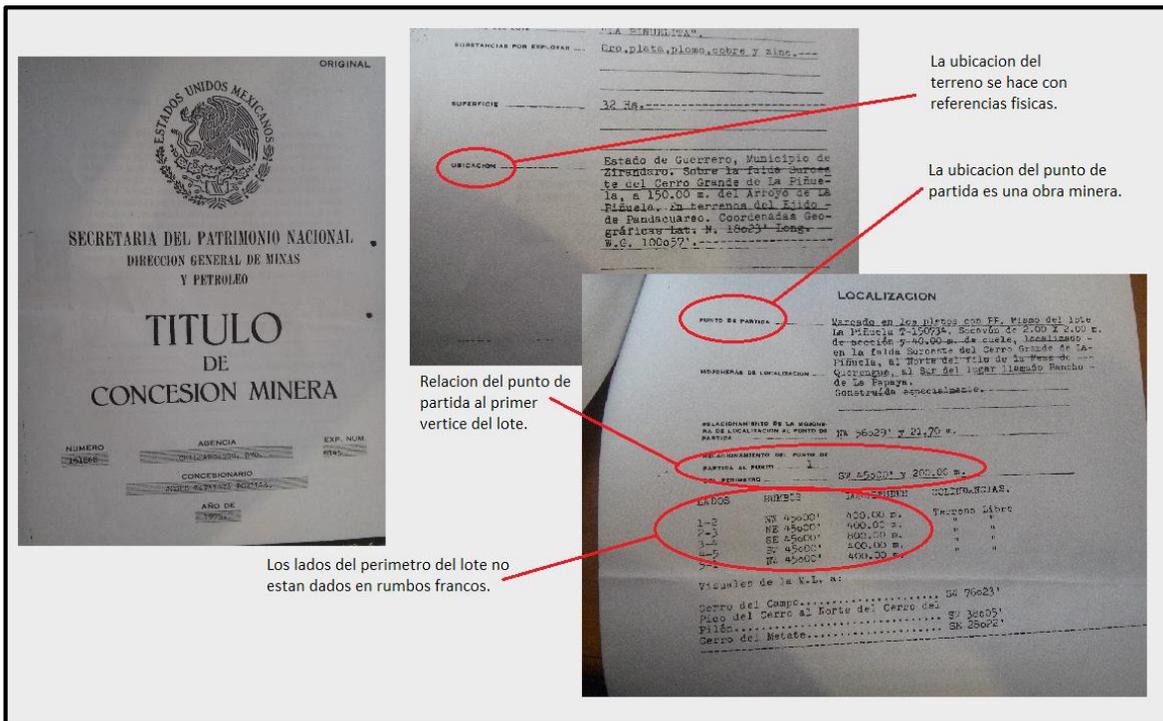


Ilustración 2.6: Título de concesión minera perteneciente a la primera generación

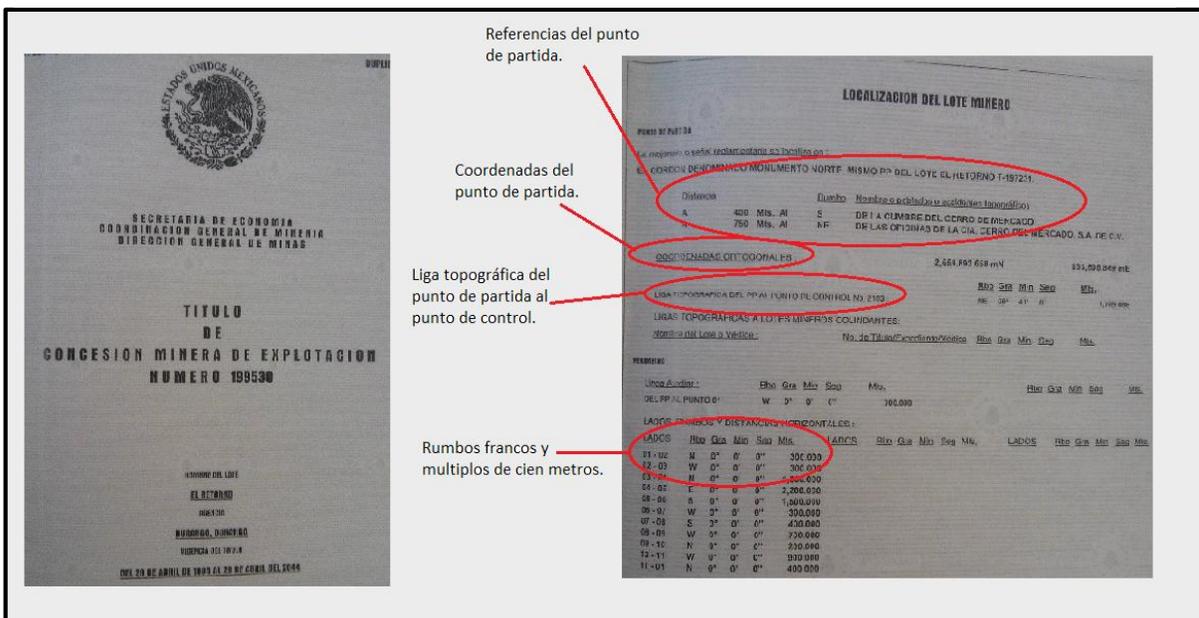


Ilustración 2.7: Título de concesión minera perteneciente a la cuarta generación.

Existen algunos casos, sobre todo en concesiones antiguas, en los que las coordenadas del P.P. del informe pericial no coinciden con las del título de concesión debido a que redondean u omiten los segundos dejando las coordenadas hasta el minuto.

➤ **ANALISIS GEODESICO Y CARTOGRAFICO**

○ **Diferencia entre levantamientos topográficos y geodésicos.**

Se ha mencionado anteriormente que la definición de lote minero es inaplicable en el sentido de que contiene un error geodésico, del mismo modo se ha planteado que la mayoría de los lotes mineros tienen una superficie topográfica, por ello, este apartado será dedicado a establecer las diferencias entre lo que referente a topografía y a geodesia.

Para comenzar se establecen las definiciones de topografía y geodesia:

- La topografía es una disciplina que se ocupa de la medición de la tierra en dimensiones consideradas planas, es decir, sin considerar la curvatura terrestre, para desarrollar proyectos de ingeniería en vertientes geométricas. Su objetivo es representar en un plano a escala dimensiones de tierra una vez medidos en campo su dimensión y forma a detalle.
- La geodesia es una ciencia que se encarga de la medición y representación de la tierra como un ente físico sobre el cual actúa un campo de gravedad y es variante con respecto del tiempo. Por ello, en levantamiento geodésico deben considerarse aspectos que en los topográficos no se consideran, entre ellos, la curvatura terrestre y el campo gravitatorio.

La siguiente tabla muestra las diferencias entre topografía y geodesia.

<b>GEODESIA</b>	<b>TOPOGRAFÍA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprende las mediciones en las cuales si se toma en cuenta la curvatura de la tierra, las grandes áreas se toman como parte de una esfera y no como un plano.</li> <li>• Estudia el levantamiento y la representación de la forma de la tierra.</li> <li>• Como producto final del empleo de técnicas geodésicas resultan mapas, un mapa tiene la particularidad de mostrar extensiones grandes de la superficie terrestre, enfocada hacia algún rasgo en específico según el uso que se le quiera dar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se enfoca en medir terrenos pequeños, relativamente, es decir, sin considerar la curvatura terrestre, por lo cual el terreno medido se considera plano.</li> <li>• Determina distancias, elevaciones y ángulos, que posteriormente sirven para obtener áreas y volúmenes de lo levantado en campo.</li> <li>• El producto final es un plano, que a diferencia del mapa, únicamente es la representación a escala de un terreno pequeño medido y contiene mediciones detalladas según un proyecto lo requiera.</li> </ul>

Los levantamientos geodésicos se entienden como el conjunto de procedimientos y operaciones de campo y gabinete destinado a determinar las coordenadas geodésicas de puntos sobre el terreno convenientemente elegidas. Se realizan en grandes áreas de la superficie terrestre y se toma en cuenta la curvatura de la tierra.

En un levantamiento geodésico la curvatura y el campo gravitacional terrestres deben ser considerados; a grandes rasgos, para un posicionamiento horizontal se utiliza un elipsoide de referencia y para uno vertical un geoide (campo equipotencial gravitacional terrestre).

La geodesia como ciencia se divide en subramas como son la geodesia geométrica, geodesia física, satelital, entre otras. El campo de aplicación de la geodesia abarca todas las actividades o disciplinas que requieren de la información antes dicha como mapeo, proyectos de desarrollo de ingeniería, delimitación de fronteras, ecología, geografía, entre otras.

En un levantamiento topográfico no se toman en cuenta estos aspectos, por lo que se considera el terreno plano, esto debido a que se opera sobre porciones de terreno y no se toma en cuenta la verdadera forma de la tierra. Se entiende este, como el proceso de recolección de datos en campo tomados por el topógrafo, los datos son distancias, ángulos, elevaciones o coordenadas según se requiera. Su campo de aplicación es muy variado, incluye trabajos de ingeniería civil como construcciones, puentes, carreteras, presas y en este caso, obras mineras internas.

Los lotes mineros se levantan con métodos geodésicos para posicionar los puntos de partida y topográficos para trazar el perímetro, la definición de lote minero establece una orientación astronómica (geodésica) por lo cual se considera errónea técnicamente.

Cuando se miden grandes dimensiones de terreno no se puede aceptar la aproximación que da la topografía, teniéndose que considerar la verdadera forma de la tierra y por consiguiente la superficie ya no se

considera un plano sino que se toma como parte de la superficie de un elipsoide y se acude entonces a la geodesia.

De modo que las principales diferencias entre los levantamientos topográficos y geodésicos son los campos de aplicación en los que incurre cada área y las dimensiones del terreno que se pretende plasmar en un plano a escala.

En este entendido tanto las obras internas de una unidad minera como la delimitación del perímetro de un lote minero pueden considerarse dentro de lo topográfico, sin embargo, los lotes de grandes dimensiones comienzan a hacer evidente el error que la topografía no permite ver pero que está inmerso en la definición de lote minero; de igual manera sucede cuando se intentan juntar lotes que individualmente pueden ser pequeños.

Los métodos de levantamiento utilizados en minería son los mencionados a continuación y se sujetan a las siguientes especificaciones según la disposición décima novena del Manual:

Además se especifica de acuerdo a los métodos de levantamiento lo siguiente:

METODO	ORDEN Y CLASE	PRECISION LINEAL MINIMA	PRECISION ANGULAR MINIMA	NUMERO DE LECTURAS MINIMAS	DISTANCIA MINIMA DESDE EL PUNTO DE CONTROL	INSTRUMENTOS RECOMENDADOS
I.- Poligonación	2° II	1:10,000	5 segundos por estación	4 series	15 km.	Teodolito de 20" y distanciometro
II.- Triangulación	3° U	1:10,000	5 segundos por vértice	8 series	15 km.	Teodolito de 20"
III.- Lectura autónoma de satélites		De 40 a 10 M. según disponibilidad		1.50 horas		Receptor G.P.S.
IV.- Lectura de satélite para translocalización	1° U	1:100,000	1 + 5" /Long. de la línea base en km.	1.50 horas	L-1: 50 km./est'n L-2: 500 km./est'n	Receptor G.P.S. de 8 a 16 canales de 1 cm. ± 2 ppm.
	2° I	De 2 a 5 M.		1.50 horas	50 km.	Receptor G.P.S. de 3 a 16 canales
	2° II	De 5 a 10 M.		1.50 horas	50 km.	Receptor G.P.S. de 1 a 3 canales

- Los levantamientos con el método de lectura autónoma de satélites únicamente se admitirán cuando el punto o puntos de control más cercano estén ubicados a una distancia mayor de 50 kilómetros del punto de partida de origen.
  - Los trabajos periciales correspondientes a las solicitudes de asignación minera del Consejo de Recursos Minerales deberán ejecutarse por medio del método de lectura de satélite para tras localización con precisión de primer orden.
  - La Secretaría podrá requerir a los solicitantes de concesión o asignación minera complementen sus levantamientos mediante una o más ligas topográficas a lotes colindantes o cuyos lados más cercanos disten hasta 5 kilómetros. Dichas ligas deberán tener precisión angular mínima de 10 segundos de arco en el azimut astronómico y lineal de 1:10 000.
- **Sistemas de Coordenadas usados en minería<sup>6</sup>**

Como se mencionó anteriormente, en minería se manejan distintos tipos de coordenadas:

- Ortogonales derivadas de distintos puntos de control
- UTM - NAD27
- UTM - ITRF 92
- UTM – ITRF 08
- Geodésicas – NAD 27
- Geodésicas – ITRF 92

---

<sup>6</sup> Departamento de Evaluación Geodésica, Subdirección de Marcos de Referencia. (2010). Obtención de coordenadas con GPS en ITRF y su relación con WGS84 y NAD27. 2010, de INEGI DGGMA Sitio web: [http://www.academia.edu/6450165/POSICIONAMIENTO\\_GPS\\_EN\\_MARCO\\_DE\\_REFERENCIA\\_TERRESTRE\\_INTERNACIONAL\\_ITRF](http://www.academia.edu/6450165/POSICIONAMIENTO_GPS_EN_MARCO_DE_REFERENCIA_TERRESTRE_INTERNACIONAL_ITRF).

- Geodésicas - ITRF08

Para entender estos tipos de coordenadas se explican a continuación los sistemas de referencia que se emplean y más adelante lo referente a la proyección Universal Transversa de Mercator.

Un Sistema de Referencia se conforma por un modelo matemático de la tierra (elipsoide) que se ajusta a la zona que se esté levantando y que mediante una serie de convenciones puede utilizarse en cualquier momento para definir las coordenadas de algún punto sobre la superficie terrestre.

Los Marcos de Referencia son materializaciones de los Sistemas de Referencia, mediante puntos establecidos sobre la superficie terrestre que son directamente accesibles para su ocupación u observación.

### **ITRF 92 – ITRF 08**

En teoría, la diferencia teórica cartográfica entre el ITRF 92 y el ITRF 08, dependerá de la placa que se esté considerando, tal como se muestra en la siguiente tabla; únicamente se trata de una actualización del marco de referencia para México.

Según INEGI el efecto del cambio de marco en mapas según su escala y la placa tectónica de la que se esté hablando es:

EFECTO EN MAPAS		
	Cambio en el mapa (milímetros)	
Escala	Pacífico	Norteamérica
1:1,000,000	0.001	0.000
1:500,000	0.002	0.001
1:100,000	0.010	0.003
1:50,000	0.020	0.006
1:20,000	0.050	0.015

Los ITRF (Marcos de Referencia Terrestres Internacionales por sus siglas en inglés) que son realizaciones del ITRS (Sistema de Referencia Terrestre Internacional), resultan de la estimación de coordenadas y sus velocidades de un conjunto de estaciones de observación distribuidas en toda la superficie terrestre, estas a su vez pertenecen al ITRS, un sistema internacional de referencia terrestre (por sus siglas en inglés).

De acuerdo con estas definiciones, el ITRF 08 (que es la actualización del ITRF 92) está conformado por un conjunto de estaciones materializadas alrededor de la superficie terrestre y sus coordenadas asociadas que pueden ser posicionadas con instrumentos de medición como receptores GPS o estaciones totales para propagar coordenadas de este marco a otros puntos. Actualmente para México el sistema usado es el ITRF 08 y es materializado a través de la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA en adelante); su densificación se logra por medio de levantamientos GPS sobre marcas o monumentos en toda la República, estas marcas conforman la Red Geodésica Nacional Pasiva (RGNP). La RGNA está compuesta por 22 estaciones fijas de monitoreo continuo, es decir que registran datos continuamente de los satélites GPS.

Para posicionar un punto en ITRF 08 se pueden propagar las coordenadas de este a nuevos puntos medidos con equipo GPS que acepte correcciones diferenciales utilizando los datos de las estaciones de la RGNA que se proporcionan en el portal del INEGI. También se pueden utilizar como punto de referencia las marcas geodésicas de la RGNP para propagar diferencialmente coordenadas ITRF 08 a nuevos puntos medidos con equipos GPS; para ello es necesario establecer un receptor GPS en la marca de la RGNP; también estas marcas pueden ser posicionadas con equipo topográfico como estación total o teodolitos para propagar coordenadas ITRF a nuevos levantamientos.

El ITRF 92 fue sustituido oficialmente por el ITRF 08 por así establecerse en el Artículo 19 de la Norma Técnica del Sistema Geodésico Nacional publicada en el Diario Oficial de la Federación; con datos de la época 2010, estos asociados al elipsoide GRS80 (Sistema Geodésico de Referencia de 1980).

El cambio de Marco se dio debido a lo siguiente:

En México existen Marcos de Referencia que se utilizan para ligar a ellos los trabajos derivados de los levantamientos que se realizan con técnicas basadas en el Sistema de Posicionamiento Global (GPS). El Marco de Referencia Horizontal, que más adelante se menciona, constituido por las redes geodésicas activa y pasiva se rige bajo otro marco internacional. Se adoptó para México el ITRF y en este se basaron los sistemas geodésicos de referencia del país, en su primera versión fue el ITRF 92 con datos de la época 1988.

La fecha de referencia representa el año en que las coordenadas del marco se establecen, quedan en ese momento estáticas durante el tiempo que trascorra antes de volver a modificarse, en este caso, se modificaron hasta 22 años más tarde.

El cambio del Marco de Referencia en el cual se basan las Redes Geodésicas del país fue necesario bajo la finalidad de actualizar la ubicación de los puntos de la red con sus reales coordenadas en una época más reciente para reducir las distorsiones que estas puedan tener.

Los parámetros de definición del ITRF 08 época 2010 son:

(INTERNATIONAL EARTH ROTATION SERVICE)

- Elipsoide: GRS 80
- Semieje mayor: 6, 378, 137 m.
- Velocidad angular terrestre:  $(7292115 \times 10^{-11} \text{ rad/seg})$

- Constante gravitacional newtoniana ( $39866005 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{seg}^2$ )

## **NAD 27**

Hasta 1998 se utilizó oficialmente en México el NAD 27 (North American Datum of 197) como referencia para los levantamientos horizontales, Datum que es por definición incompatible con los sistemas modernos por ser un sistema de referencia regional que emplea un elipsoide no geocéntrico; además su densificación hasta nuestro país fue realizada con métodos geodésicos tradicionales, por lo que la red NAD 27 presenta inconsistencias en algunas zonas del país. Es por ello que no existen para NAD 27 parámetros de transformación globales o que se apliquen de manera general para Norteamérica como los hay para transformar coordenadas entre marcos de referencia globales, sin embargo se han publicado parámetros regionales para transformar coordenadas entre NAD 27 e ITRF. Un ejemplo de ellos es el TRANINV que es un programa desarrollado por INEGI para transformar coordenadas de NAD 27 a ITRF 92 y viceversa.

Los parámetros de definición del NAD 27 son:

- Elipsoide: Clarke 1866
- Semieje mayor: 6, 378,206.4 m
- Semieje menor: 6, 356, 583.8 m
- Latitud origen:  $39^\circ 13' 26.686''$
- Longitud origen:  $98^\circ 32' 30.506''$
- Desviación de la vertical:
  - En el meridiano:  $-1.02''$
  - En el primer vertical:  $-1.79''$
- Altura geoidal: 0.00

Esta referido a un punto Datum ubicado en la superficie de la tierra y asociado al elipsoide de referencia.

## **WGS 84**

El WGS84 (World Geodetic System 1984) al igual que el NAD 27 y los ITRF es un sistema de referencia basado en observaciones satelitales, sin embargo no existe en México una Red física a la cual se puedan ajustar mediciones realizadas en este sistema.

Se pueden realizar levantamientos en este sistema pero para ajustar dichos puntos es necesario transformarlos a otro sistema previamente.

El WGS 84 mantiene como referencia o “puntos de control” las órbitas o posiciones predichas de los satélites en WGS 84 que proporciona las efemérides transmitidas, por lo tanto las posiciones están ligadas también al WGS 84.

Considerando que las realizaciones recientes del WGS 84 y el ITRF son consistentes en el orden de  $1\text{cm}^2$  para representaciones cartográficas en escalas 1:50 000 y menores las posiciones obtenidas con GPS de manera autónoma pueden asumirse equivalentes a ITRF 2008.<sup>7</sup>

Los parámetros básicos de definición del WGS 84 son:

- Semieje mayor: , 378, 137.0 m
- Semieje menor: 6, 356, 752.0 m
- Achatamiento: 1/298.257223563

---

<sup>7</sup> Departamento de Evaluación Geodésica, Subdirección de Marcos de Referencia. (2010). Obtención de coordenadas con GPS en ITRF y su relación con WGS84 y NAD27. 2010, de INEGI DGGMA Sitio web: [http://www.academia.edu/6450165/POSICIONAMIENTO\\_GPS\\_EN\\_MARCO\\_DE\\_REFERENCIA\\_TERRESTRE\\_INTERNACIONAL\\_ITRF](http://www.academia.edu/6450165/POSICIONAMIENTO_GPS_EN_MARCO_DE_REFERENCIA_TERRESTRE_INTERNACIONAL_ITRF).

- Producto de la constante gravitacional por la masa de la tierra:  
 $3.986004418 \times 10^{14} \text{ m}^3/\text{s}^2$
- Velocidad angular de la tierra:  $7.292115 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$

Pese a que la Ley Minera pedía que las coordenadas fueran en NAD 27 se comenzaron a definir lotes mineros basados en los otros sistemas. Cabe mencionar que se pueden obtener coordenadas en cualquier sistema mientras se tengan las consideraciones necesarias, realizando las transformaciones correspondientes; sin embargo en un momento se pretendió tomar las coordenadas de un sistema como equivalentes a otro; las actualizaciones del Marco de Referencia oficial para México aunado a la ignorancia que lleva a suponer a un sistema equivalente a otro sin importar el tiempo en el que se obtuvieron contribuyen a los errores que actualmente se tienen.

#### ○ **Conversión de coordenadas**<sup>8</sup>

En este apartado se darán a conocer los sistemas de coordenadas que se ven involucrados en el proceso que debería seguirse para delimitar correctamente un lote minero y generar cartografía minera. Aunque se retoma más adelante este punto, es importante señalar que los sistemas de coordenadas que a continuación se mencionan están presentes en algunas de las generaciones, en otras se han suprimido.

Para definir un sistema de coordenadas de una estación sobre o por encima de la superficie de la tierra se debe especificar: la localización del origen, la orientación de los tres ejes y los parámetros (cartesianos o curvilíneos) del punto.

---

<sup>8</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (Junio de 1984). Sistemas de coordenadas en Geodesia. México, D.F.: Dirección General de Geografía.

Los sistemas de coordenadas se dividen en terrestres y celestes, los terrestres sistemas de coordenadas terrestres están fijos a la tierra y giran con ella. Son usados para definir las coordenadas de puntos sobre la superficie terrestre. Estos a su vez se dividen en Geocéntricos y Topocéntricos.<sup>9</sup>

Los sistemas geocéntricos son aquellos en los que el origen está cercano al centro de la tierra. La línea imaginaria del ecuador, describe un plano horizontal, del mismo modo la línea imaginaria del meridiano de Greenwich describe el plano vertical, el eje primario es la intersección entre estos dos planos. Estos sistemas son de mano derecha.

En los sistemas topocéntricos el origen se encuentra en un punto sobre la superficie terrestre. La intersección entre el plano tangente a dicho punto y el plano que contiene al polo norte rotacional de la tierra define al eje primario y son sistemas de mano izquierda.

La tierra, como ente físico se define con base a dos figuras, la topográfica y la que refiere al campo de gravedad terrestre. La topográfica es aquella que define los rasgos de la superficie terrestre incluyendo montañas y océanos y se le denomina “terreno”; la segunda describe la superficie equipotencial del campo gravitatorio terrestre, esta última se asemeja a la forma que resultaría al idealizar el nivel medio del mar y se le denomina “geoide”.

El geoide es la superficie coordenada a la que se ligan las mediciones verticales, es entonces el “Datum vertical” de cualquier levantamiento geodésico. El Datum horizontal está definido por una tercera figura que si bien no define la forma real de la tierra, la asemeja en determinada zona para poder darle un trato matemático denominada “elipse de revolución” o “elipsoide”. Este elipsoide se llama “de referencia” debido a que va a cambiar dependiendo de la zona del mundo en la que se trabaje, cada

---

<sup>9</sup> G.Bomford. (1952). GEODESY. 2015, de Oxford University Press Sitio web: <https://es.scribd.com/doc/36950922/Geodesy-Bomford>

sistema de referencia, por ejemplo un ITRF trabaja con un elipsoide diferente (generalmente). A diferencia de cómo se utiliza en geofísica, la geodesia define coordenadas en función de los parámetros del elipsoide de referencia, para fines geofísicos se utiliza un elipsoide general que define el modelo matemático terrestre.

Los sistemas topocéntricos terrestres que se definen a continuación son el sistema Astronómico Local y el sistema Geodésico Local.

Antes se requiere definir la relación entre coordenadas cartesianas (x,y,z) y curvilíneas (Latitud, Longitud, cota) para un punto sobre el elipsoide de referencia.

Se define lo siguiente según expresa el INEGI en el libro “Sistemas de Coordenadas utilizados en Geodesia”.

Un sistema de coordenadas cartesianas es sobrepuesto al elipsoide de referencia de manera que:

- a) El origen del sistema cartesiano es el centro del elipsoide.
- b) El eje Z del sistema cartesiano es el semieje menor del elipsoide.
- c) El eje X es la intersección del plano ecuatorial con el plano del meridiano de Greenwich.
- d) El eje Y es elegido para que forme un sistema de mano derecha y descansa en el plano ecuatorial  $90^\circ$  en sentido contrario a las manecillas del reloj respecto del eje X.

La relación con las coordenadas curvilíneas se da por:

- a) El ángulo entre la normal del elipsoide al punto y del plano ecuatorial es llamado latitud geodésica.

- b) El ángulo entre la línea que une al punto con el centro de la elipse y al plano ecuatorial es llamado latitud geocéntrica.
- c) La longitud es la distancia angular en sentido contrario a las manecillas del reloj entre el plano meridiano de Greenwich y el plano del meridiano del punto, medido en el plano ecuatorial.
- d) La altura elipsoidal de un punto es la distancia medida sobre la normal al elipsoide.

- **Sistema Terrestre Topocéntrico Astronómico Local<sup>10</sup>**

Un sistema astronómico local (AL) está definido de la siguiente manera:

- 1) El origen está en la estación de observación.
- 2) El eje Z es la normal a la superficie equipotencial (vertical de la gravedad) en la estación de observación.
- 3) El eje X es dirigido al norte astronómico, o sea la polo terrestre promedio.
- 4) El eje Y es dirigido al Este para formar un sistema de mano izquierda.

Un sistema de coordenadas astronómicas locales es único para cualquier punto de observación. Por este hecho, este sistema es la base para el tratamiento de las mediciones terrestres tridimensionales en muchas estaciones, puntos en una solución única.

---

<sup>10</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (Junio de 1984). Sistemas de coordenadas en Geodesia. México, D.F.: Dirección General de Geografía.

- **Sistema Terrestre Topocéntrico Geodésico Local**

Un sistema geodésico local (G.L.) está especificado por lo siguiente:

- 1) El origen se apoya en la normal elipsoidal que pasa por la estación de observación, en el elipsoide o en la intersección de la normal elipsoidal con el geoide.
- 2) El eje Z es la normal elipsoidal.
- 3) El eje X es el norte geodésico.
- 4) El eje Y es dirigido hacia el este para formar un sistema de mano izquierda.

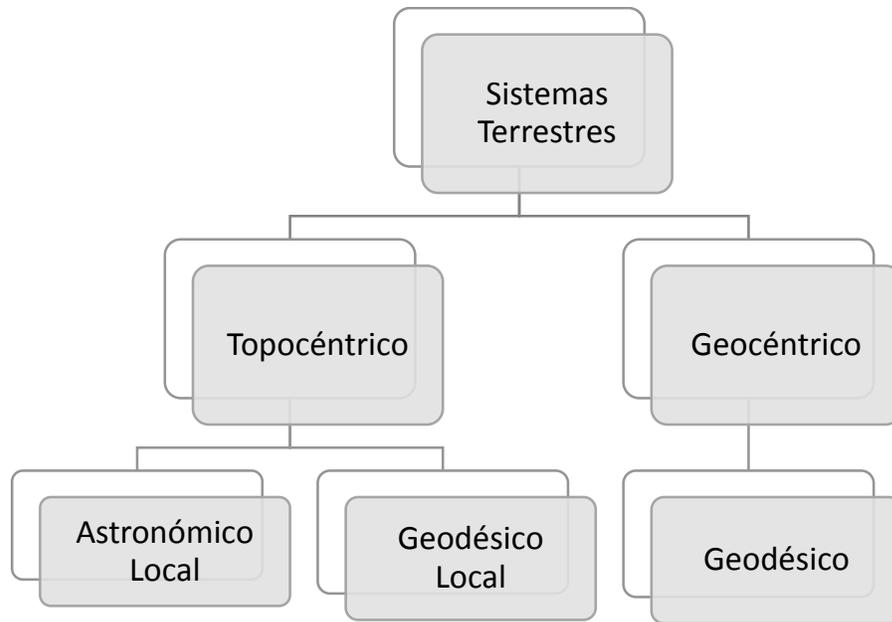
- **Sistema Terrestre Geocéntrico Geodésico<sup>11</sup>**

El sistema de coordenadas geodésico (G) es un sistema tal que es introducido a la tierra de manera que sus tres ejes son coincidentes con o paralelos a los correspondientes tres ejes del sistema terrestre promedio. El origen es cercano al centro de la tierra, el eje primario es la intersección entre el plano ecuatorial y el plano que contiene al meridiano de Greenwich y son sistemas de mano derecha.

De modo que la relación entre sistemas Topocéntricos y geocéntricos y los tipos de coordenadas se visualiza a continuación:

---

<sup>11</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (Junio de 1984). Sistemas de coordenadas en Geodesia. México, D.F.: Dirección General de Geografía.

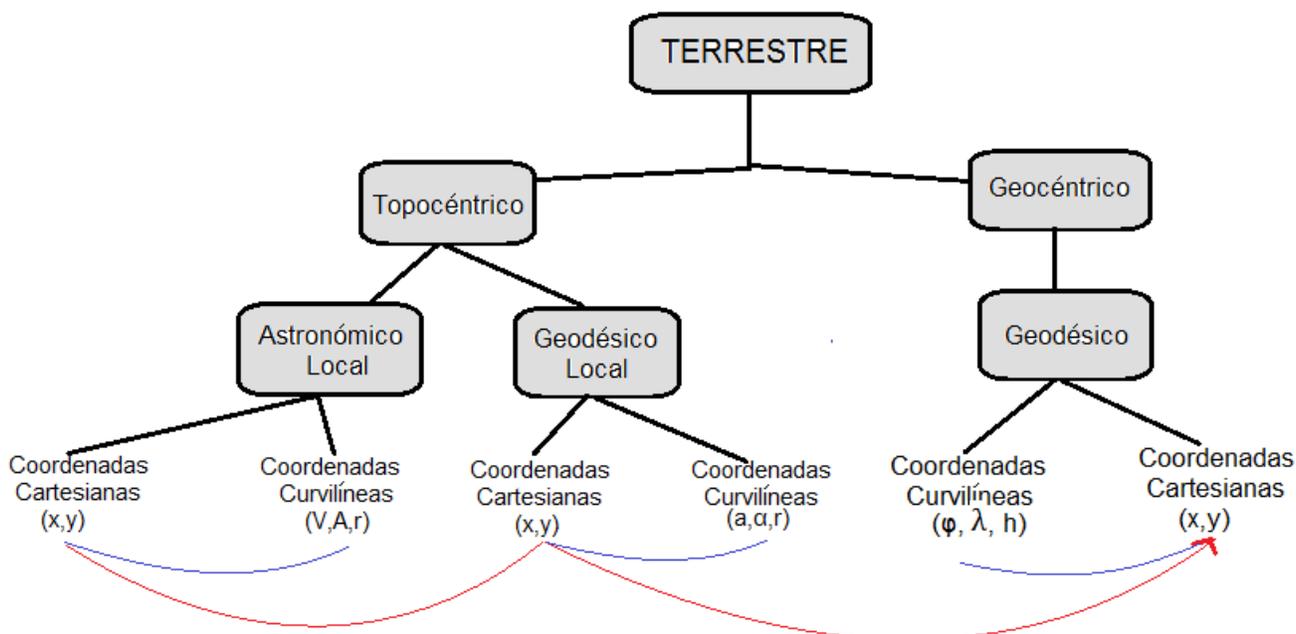


La transformación de uno a otro sistema está dada por traslaciones y rotaciones debido a que sus orígenes cambian y por tanto la orientación de sus ejes.

Se requiere entonces pasar de un sistema terrestre Topocéntrico astronómico local a uno terrestre geocéntrico geodésico. Se puede pasar de uno a otro siguiendo distintos caminos, el que se utilizará consiste en transformar coordenadas cartesianas del astronómico local a cartesianas del geodésico local y posteriormente a cartesianas del geocéntrico.

En el diagrama posterior se muestran las relaciones para pasar de uno a otro sistema.

En color rojo se señala el camino a seguir para transformar del sistema astronómico local al geodésico y en color azul se señalan las transformaciones entre coordenadas curvilíneas y cartesianas que se denotarán más adelante:



### Sistema Terrestre Topocéntrico Astronómico Local

El vector de posición de una estación observada “l” expresado en el sistema astronómico local de la estación de observación “k” está dado por:

$$(\bar{r}_{kl})_{A.L.} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{A.L.} = r_{kl} \begin{bmatrix} \cos v_{kl} \cos A_{kl} \\ \cos v_{kl} \sin A_{kl} \\ \sin v_{kl} \end{bmatrix}$$

Donde  $\bar{r}_{kl}$  es la distancia espacial terrestre,  $v_{kl}$  el ángulo vertical y  $A_{kl}$  el azimut astronómico.

### Sistema Terrestre Topocéntrico Geodésico Local<sup>12</sup>

Las transformaciones entre los sistemas astronómico local y geodésico local que comparten un origen común pueden expresarse en términos del ángulo entre la normal del elipsoide y la vertical de la gravedad (desviación de la vertical) y el ángulo entre el norte geodésico y el astronómico. Dadas las componentes meridianas y del primer vertical de la desviación  $\xi$  y  $\eta$  respectivamente y los azimut geodésico y astronómico  $\alpha$  y  $A$  para un punto particular, entonces su vector en el sistema astronómico local es transformado en un vector en el sistema geodésico local por:

$$(\bar{r}_{kl})_{G.L.} = R_3(A - \alpha) R_2(-\xi) R_1(\eta) (r_{kl})_{A.L.}$$

Similar al sistema astronómico local, el vector de posición de la estación de observación “k” a la estación observada “l” está dado por:

$$(\bar{r}_{kl})_{G.L.} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{G.L.} = r_{kl} \begin{bmatrix} \cos a_{kl} \cos \alpha_{kl} \\ \cos a_{kl} \operatorname{sen} \alpha_{kl} \\ \operatorname{sen} a_{kl} \end{bmatrix}$$

Donde  $(a, \alpha, r)$  son *altitud geodésica, azimut y rango*.

### Sistema Terrestre Geocéntrico Geodésico

Considerando un punto “i” de la tierra cuyas coordenadas son la latitud geodésica, longitud y altura elipsoidal, el vector de posición de un sistema geodésico está dado por:

$$(r_i) = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_G = N \begin{bmatrix} \cos \varphi \cos \lambda \\ \cos \varphi \operatorname{sen} \lambda \\ \frac{a^2}{b^2} \operatorname{sen} \varphi \end{bmatrix} + h \begin{bmatrix} \cos \varphi \cos \lambda \\ \cos \varphi \operatorname{sen} \lambda \\ \operatorname{sen} \varphi \end{bmatrix}$$

<sup>12</sup> David Hernández López. Geodesia y Cartografía Matemática. 2010, de Universidad Politécnica de Valencia  
Sitio web: [http://www.sitopcar.es/modulos/descargas/manuales/Cartografia\\_Matematica.pdf](http://www.sitopcar.es/modulos/descargas/manuales/Cartografia_Matematica.pdf)

Donde  $(\varphi, \lambda)$  son la latitud y longitud geodésica y “h” es la altura elipsoidal, N es el radio de curvatura de la superficie del elipsoide en el plano perpendicular al plano primer vertical.

Ahora el vector de posición se refiere a un sistema de coordenadas cuyo origen es el centro geométrico del elipsoide

Entonces, para pasar del sistema astronómico local (A.L.) al geodésico (G) se tiene que pasar primero al geodésico local y posteriormente de este al geodésico, en ese orden las transformaciones son:

$$(\bar{r}_{kl}) G.L. = R_3(A - \alpha) R_2(-\xi) R_1(\eta) (r_{kl}) A.L.$$

Y posteriormente:

$$(\bar{r}_{kl}) G. = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{G.} = R_3(180^\circ - \lambda_k) R_2(90^\circ - \varphi_k) P_2 \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{G.L.}$$

Se definieron cuatro tipos de coordenadas:

- 1) Cartesianas (x,y,z) usadas en todos los sistemas
- 2) Curvilíneas  $(\varphi, \lambda, h)$  usadas es el sistema Geodésico.
- 3) Curvilíneas (V, A, r) usadas en el sistema Astronómico Local.
- 4) Curvilíneas  $((a, \alpha, r)$  usadas en el sistema Geodésico Local.

Como se mencionó arriba, estos sistemas de coordenadas se utilizan según el método con el que se posicione el punto de partida, en un principio, cuando se realizaba el posicionamiento con teodolitos se trabajaba en un sistema astronómico local de entrada y posteriormente se podrían obtener coordenadas geodésicas o geocéntricas mediante las transformaciones correspondientes, actualmente con la inclusión de equipos sofisticados como el GPS se obtienen directamente coordenadas geodésicas y la transformación de estas a UTM se debe realizar siguiendo otros métodos;

incluso el GPS proporciona las coordenadas UTM en un sistema establecido como WGS 84, si fuera el caso tendrían que transformarse al sistema oficial para minería que es el NAD 27 o en su defecto asegurarse de ubicar estas coordenadas sobre la cartografía base que esté en el mismo sistema, de lo contrario habrá un error.

- **Proyección cartográfica Universal Transversa de Mercator**

En la proyección Universal Transversa de Mercator se utiliza un cilindro en condición secante a la figura matemática de la tierra como superficie auxiliar, es decir en la cual se va a proyectar, con secciones rectas elípticas que guardan proporcionalidad con los parámetros del elipsoide adoptado.

En la siguiente figura se esquematiza el cilindro envolvente, condición secante, de la tierra en el que los parámetros del primero son menores para dar lugar a tener dos trazas “ab” y “cd”, las cuales son líneas de contacto en toda su longitud simétricamente al Meridiano Central (MC en adelante) llamadas elipses de contacto.

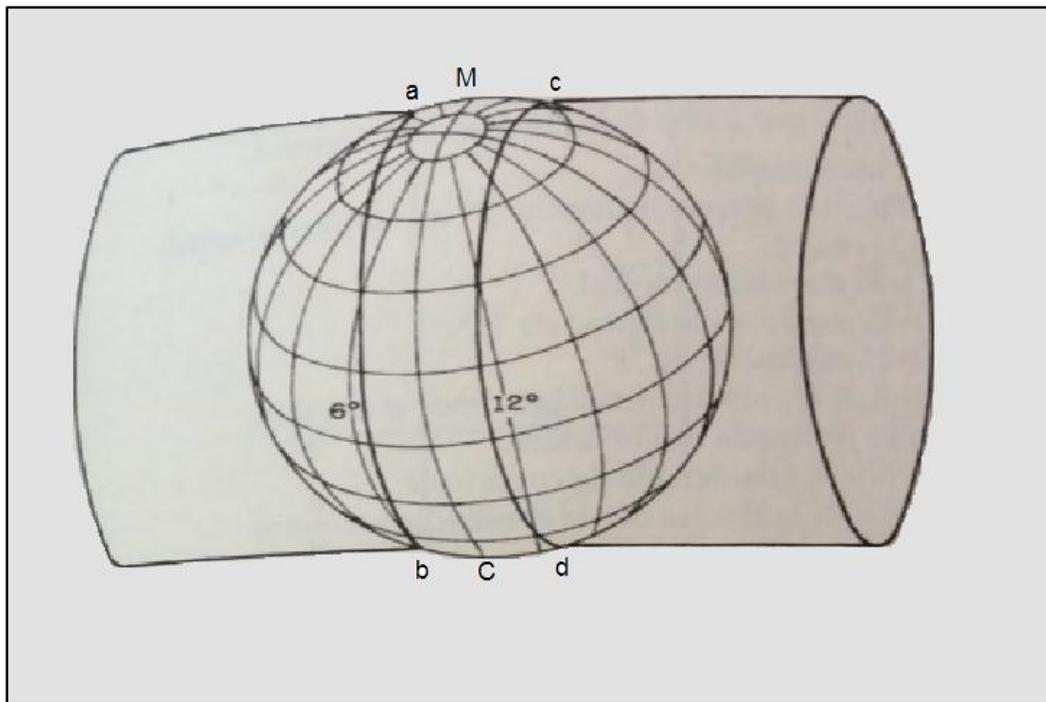


Ilustración 2.11: Cilindro secante al elipsoide de referencia.

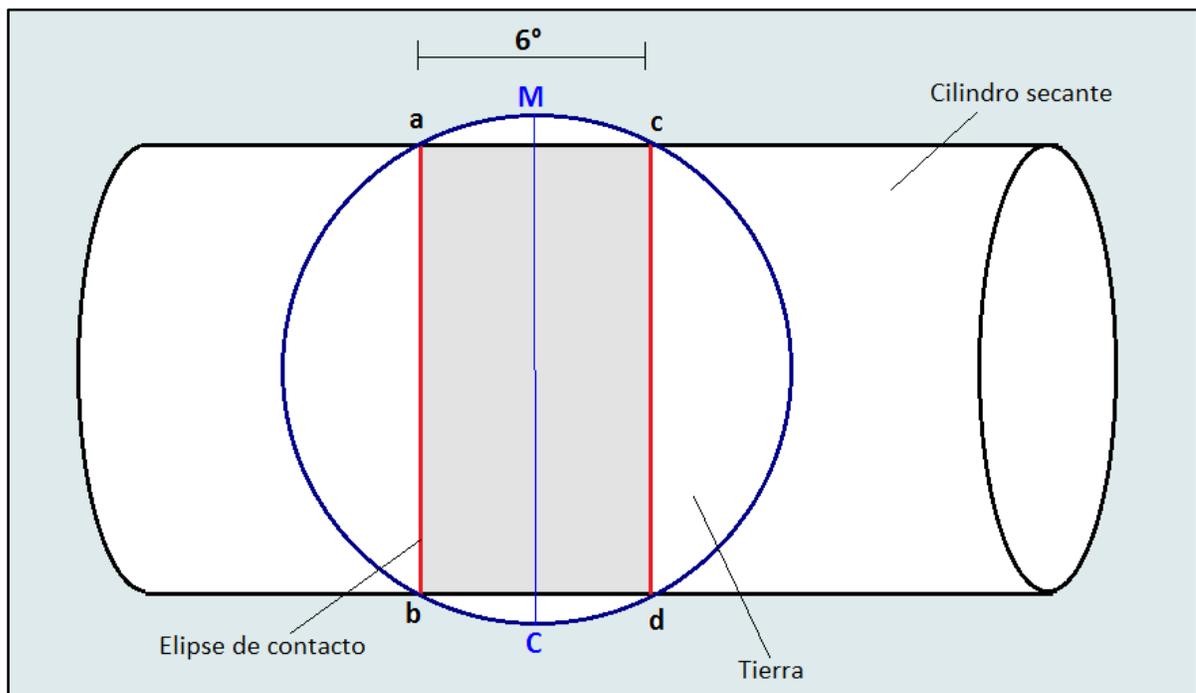


Ilustración 2.12: Limite de zona UTM

Para utilizar esta proyección, se visualiza la tierra dividida en 60 zonas meridianas de 6° de longitud a las que se denomina “bandas meridianas”; cada banda meridiana contendrá un meridiano central (MC en adelante) exactamente a los 3 grados de longitud, por ejemplo, la zona que contiene al Meridiano de Greenwich (meridiano origen) que va desde los 0° hasta los 6° de longitud es controlada por el MC que se encuentra a 3° de longitud. Para México, los meridianos centrales de las seis zonas UTM que ocupa la República se localizan a las siguientes longitudes al oeste del Meridiano de Greenwich.

- 87°
- 93°
- 99°
- 105°
- 111°
- 117°

Al hablar de coordenadas sobre esta proyección es importante tener en cuenta que, como se mencionó anteriormente, el MC controla las coordenadas de la zona, esto es porque se le asigna un valor de manera que las coordenadas a ambos lados de este resulten positivas, a este valor se le denomina “falso este” y se le da el valor de 500,000; el MC se confunde con la red de la cuadrícula en la abscisa 500 000.

Se debe considerar lo siguiente: en una carta topográfica se tendrán dos redes dibujadas, una coincide con la cuadrícula UTM y la otra con la red de paralelos y meridianos. Estos últimos apuntarán hacia el norte geográfico mientras que las líneas verticales de la cuadrícula UTM apuntarán hacia el norte de cuadrícula; en la abscisa 500 000, quiere tanto una línea como otra coinciden con el norte geográfico en esa longitud. Conforme se va alejando un punto hacia el este u oeste de esta línea más notoria es la diferencia entre ambos nortes (de cuadrícula y geográfico). A esta diferencia se le denomina **Convergencia de meridianos**.

La proyección UTM al conservar los ángulos se ve sometida a deformaciones que aumentan rápidamente conforme se aleja un punto de la zona de las elipses de contacto; la condición secante del cilindro así como el establecimiento de bandas meridianas de longitud relativamente corta ( $6^\circ$ ) tienen la finalidad de reducir ese efecto.

En la Ilustración 2.13 se observa que las direcciones que van del centro de la tierra “O” a los puntos de referencia como P,Q,M,N, intersectan al cilindro en p,q,m,n ; al desarrollar el cilindro estos últimos puntos (p,q,m,n) están en la proyección UTM. Se observa que al proyectarse una distancia en la superficie de la tierra al cilindro se reduce o aumenta, dependiendo

de su ubicación con respecto de las elipses de contacto, la distancia "PQ" se reduce a "pq" y la distancia "MN" aumenta a "mn".

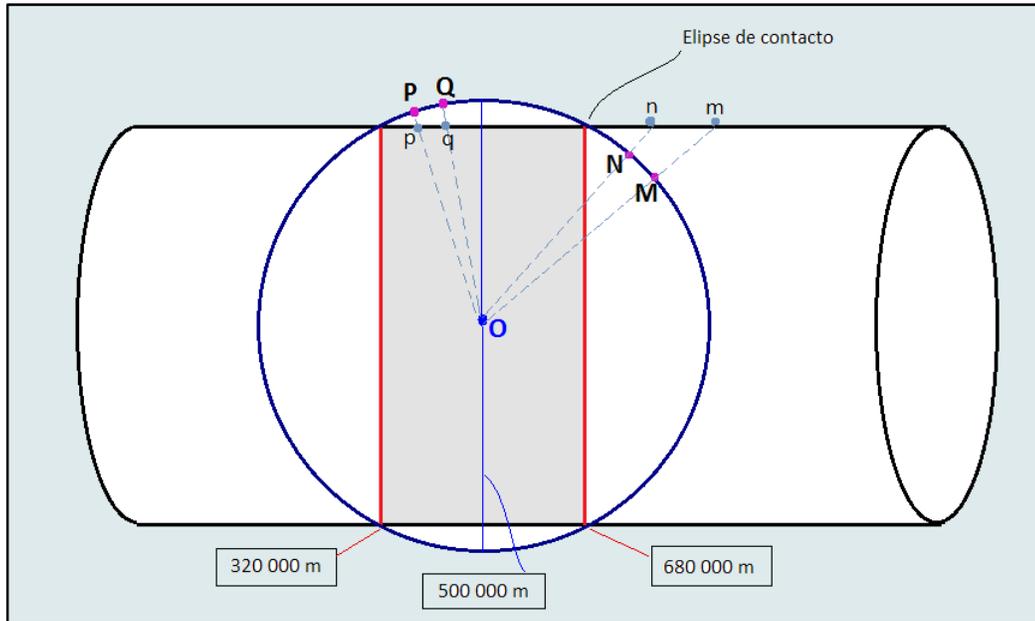


Ilustración 2.13: Proyección de puntos a UTM

### Factor de escala

En la Ilustración 2.14 se muestra de nuevo el cilindro secante a la tierra, el meridiano central en la abscisa 500 000 y las elipses de contacto determinadas por los segmentos "ab" y "cd"

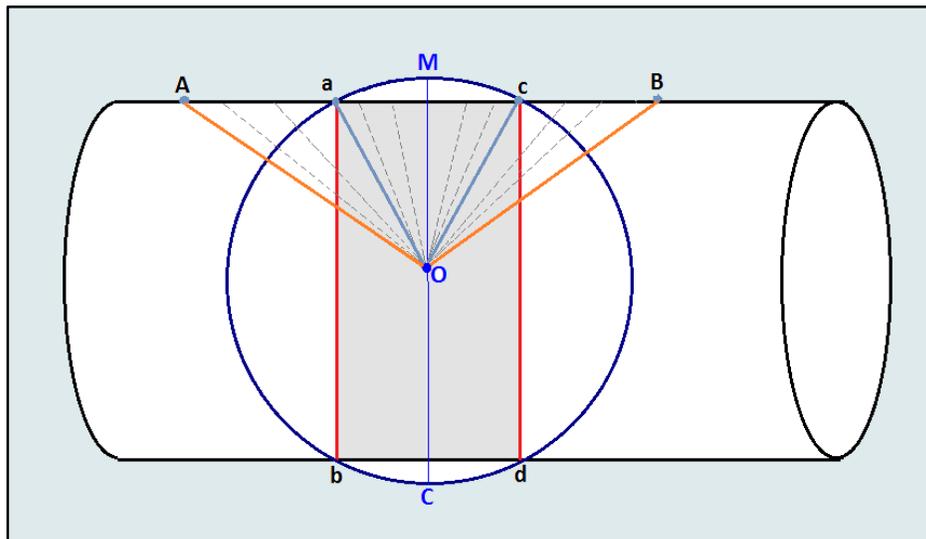


Ilustración 2.14: Factor de escala.

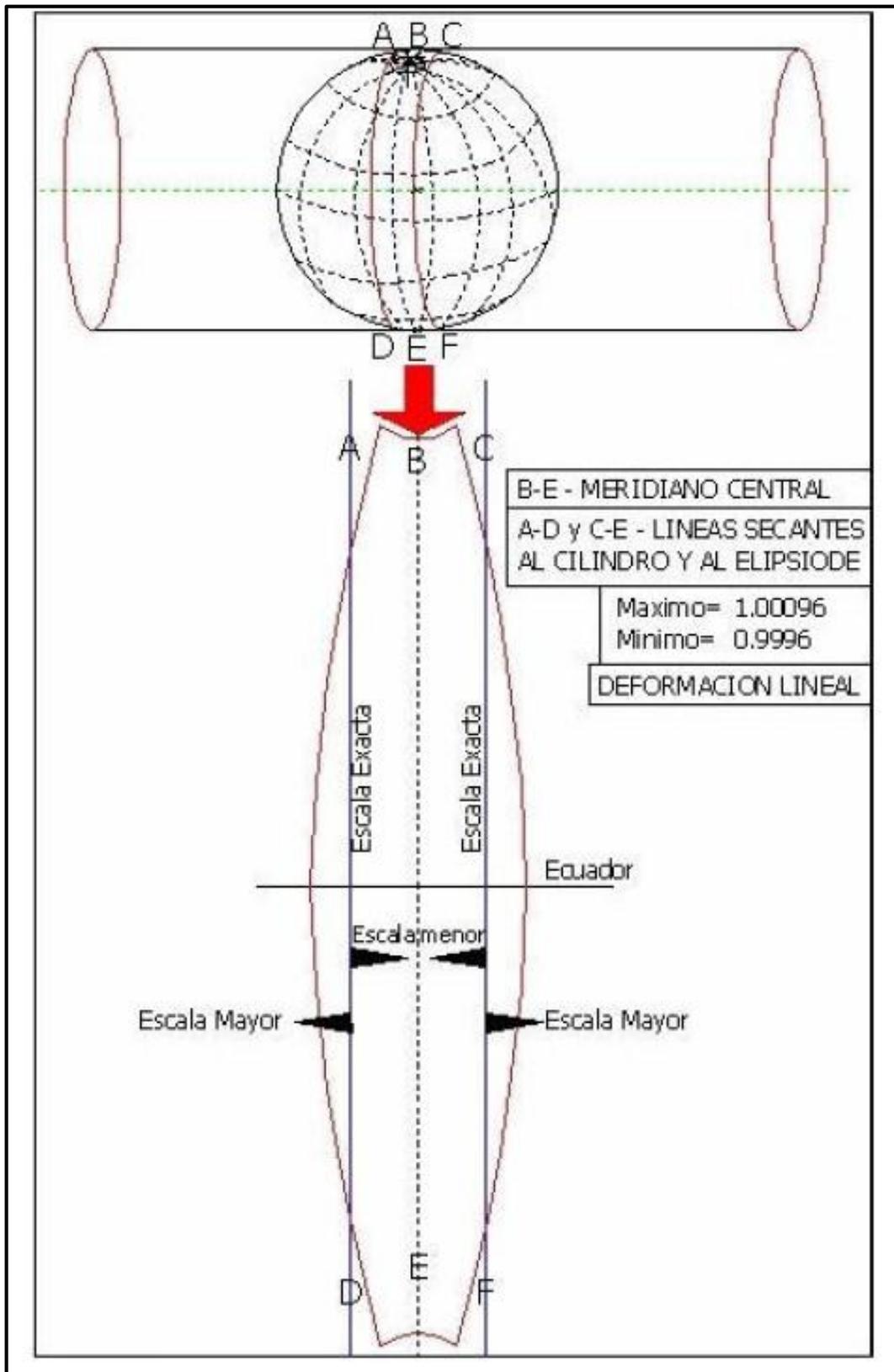
Si se establece que los puntos A y B son proyectados en el cilindro y que el punto A se desplaza hacia el B pasando por “a” y “c” se tiene:

- En la ubicación A la distancia proyectada (s) es mayor que la efectiva (t) sobre la superficie terrestre, pero al acercarse hacia “a” se va reduciendo.
- Al llegar hasta “a” que es la elipse de contacto, las distancias “s” y “t” son iguales.
- Al salir de “a” y dirigirse a “c” la distancia va disminuyendo hasta llegar a su valor mínimo en el MC.
- Al pasar del MC hacia “c” aumenta simétricamente y de nuevo en “c” las distancias “s” y “t” son iguales nuevamente.
- Al salir de “c” hacia B vuelve a ser mayor la distancia proyectada hasta encontrar de nuevo su valor máximo en B.

Para poder pasar de la distancia proyectada a la efectiva se utiliza el **factor de escala**, este es un factor por el cual el valor numérico de una distancia obtenida del mapa se va a multiplicar con la finalidad de obtener la distancia geográfica o geodésica llamada “distancia efectiva”. También es aplicable en el proceso inverso. El factor de escala en el MC es de 0.996 y a 180 000 metros en las direcciones este y oeste del MC será de 1.0000, lugar en donde se encuentran las elipses de contacto. Pasando este lugar, el factor de escala aumentará.

Entendiéndolo más prácticamente, el factor de escala es 1.0000 en las superficies de contacto del elipsoide con el cilindro, conforme se acerque por ambos lados al MC disminuirá hasta llegar a un valor mínimo de 0.996 y aumentará conforme se aleje del MC por ambos lados hasta llegar a un valor máximo en los límites de la zona UTM. El factor de escala entonces va a tomar un valor de  $1 \pm k$ , donde “k” va a ser proporcional al cuadrado de las distancias que unen el centro de la proyección con el punto que se requiere proyectar.

Esto se ejemplifica en la siguiente imagen.



La proyección Universal Transversa de Mercator es una proyección conforme. Así, los ángulos medidos en ella o los cálculos en función de las coordenadas de la cuadrícula, se aproximan a sus valores verdaderos y por tanto las correcciones a las distancias en cualquier dirección son las mismas. Por otra parte es una proyección que deforma distancias y formas por tanto el lote que se dibuja sobre ella contendrá distancias erróneas y por ende las coordenadas de sus vértices no se pueden considerar correctas.

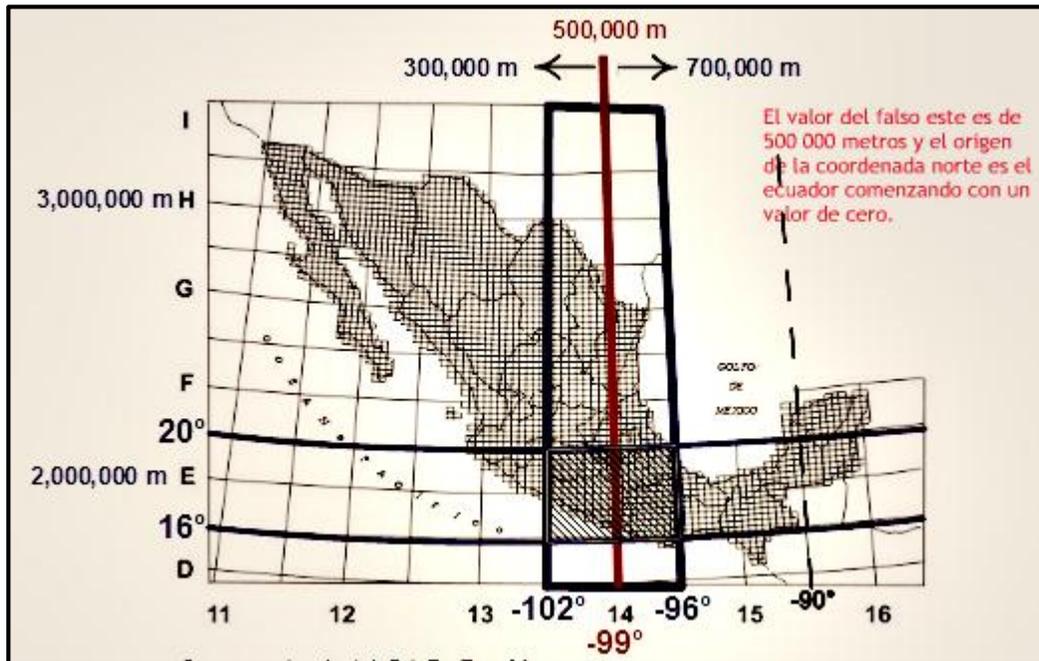


Ilustración 2.15: Meridiano central de la zona 14 UTM, en la abscisa 500, 000.

Como se menciona anteriormente, las bandas UTM son de 6° de longitud, con la finalidad de reducir efectos de distorsión, por tanto ningún punto en esta proyección está demasiado alejado de MC de su zona como para generar distorsiones grandes, el problema se encuentra cuando un punto se halla en el límite de la zona, en estos casos las coordenadas de dicho punto cambiarán drásticamente dependiendo de la zona UTM en la cual se esté considerando dicho punto.

Es por ello que otro problema se encuentra al tener lotes mineros en la intersección de dos zonas UTM.

Las zonas están limitadas por meridianos cuyas longitudes son múltiplos de 6°W o 6°E de Greenwich. En mapas a escalas grandes y en las listas de puntos de control se ha previsto una sobreposición de la cuadrícula en 25 millas aproximadamente a uno y otro lado de las uniones entre zonas adyacentes, con objeto de facilitar los trabajos; sin embargo esta cuadrícula de sobreposición no debe utilizarse para dar la localización de un punto.

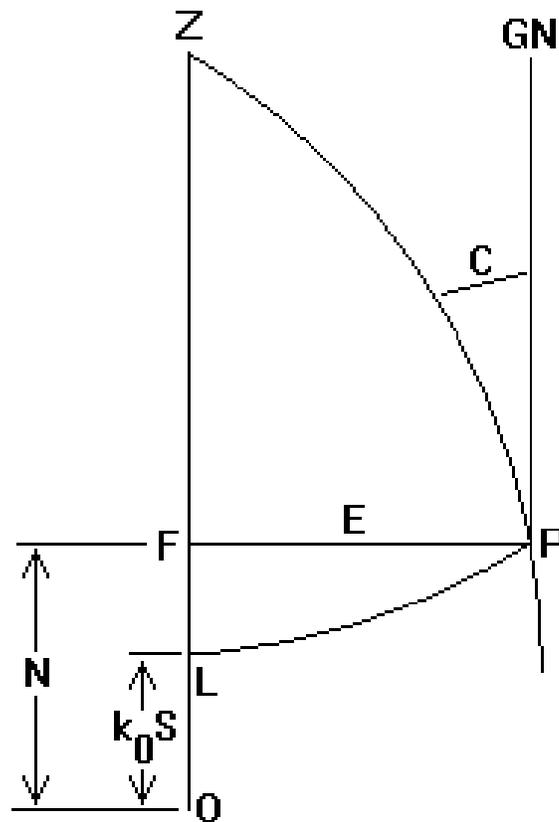
Debido a la conformalidad de la proyección el factor de escala en la dirección del paralelo y en la del meridiano son iguales. Los meridianos se proyectan sobre el plano con una separación proporcional a la del modelo, así hay equidistancia entre ellas, sin embargo los paralelos se van separando a medida que nos alejamos del Ecuador, por lo cual al llegar al polo las deformaciones son infinitas; por ello los límites de la proyección en sentido Norte – Sur son entre los paralelos 80° N y 80°S.

La proyección UTM también se divide en bandas de 8° de longitud que se denominan con letras de la C a la X excluyendo las letras “I” “O” por su parecido con los números 1 y 0.

La nominación usada en los elementos que componen la proyección UTM según Caire Lomelí (Cartografía básica, 2002) se ejemplifica a continuación.

- P = punto considerado
- F= Pie de la perpendicular de P al meridiano central.
- O = Origen
- OZ = Meridiano central.
- LP = Paralelo a la latitud de P
- ZP = meridiano de P
- OL = KoS, arco de meridiano desde el ecuador
- LF = Ordenada de curvatura
- OF = N=Y, ordenada de cuadrícula
- FP=E=X, abscisa desde el meridiano central.

- NC = Norte de cuadrícula.
- C = convergencia de meridiano, ángulo formado por el norte verdadero y el norte de cuadrícula.



Y las especificaciones de esta proyección son:

- **Proyección:** UTM
- **Elipsoide:** GRS80
- **Longitud de origen:** O sea el meridiano central en cada zona.
- **Latitud de origen:** 0° en el ecuador.
- **Unidad:** Metro.
- **Falsa ordenada:** Cero metros en el ecuador para el hemisferio norte y 10 000 000 para el sur.
- **Falsa abscisa:** 500 000 metros para el meridiano central de cada zona.

- **Factor de escala para el Meridiano Central=** 0.996
- **Límites en latitud del sistema:** 80° N y 80° S
- **Límites de zonas:** limitadas por meridianos cuyas longitudes son múltiplos de 6° al este y oeste de Greenwich.

Como ya se mencionó solo existe una dirección que coincide con un meridiano y el norte geográfico, esta dirección es la del meridiano central. Teniendo en cuenta que cada meridiano central repetirá la abscisa 500 000 y que se requiere de una referencia matemática para ubicar un punto sobre la proyección UTM se debe indicar:

<b>Ejemplo:</b> punto ubicado en la ciudad de Puebla
<b>X=</b> 584, 176.899779
<b>Y=</b> 2, 106,551.675191
<b>Zona:</b> 14
<b>Datum:</b> ITRF 92

De esta manera se ubica correctamente un punto sobre la cartografía existente dando sus coordenadas en un sistema (en este caso son coordenadas UTM – ITRF 92) como son los puntos de partida de lotes mineros y, en dado caso, los vértices de un lote.

- **Carta topográfica 1:50 000**

Es la cartografía base que utiliza la DGRM para dibujar los lotes y la que especifica usar en el Manual de Servicios al Público en Materia Minera.

La carta 1:50 000 por disposición del INEGI se encuentra representada en la cuadrícula UTM derivada de la proyección UTM.

Según la clasificación de esa institución se encuentra el grupo de las escalas de escalas medias y es útil para planeación, la carta 1:50 000 es un documento de trabajo que contiene información cuidadosamente elegida para el propósito y para satisfacer las necesidades de los planificadores, útil para cuantificación y análisis de proyectos.

Para ubicar la distancia en metros de un punto respecto al Meridiano Central de la zona UTM a la que pertenece el punto se debe restar 500 000 al valor de la abscisa que se obtenga de la carta. En las cartas INEGI a la escala 1:50 000, los valores de las coordenadas UTM de referencia se indican en la esquina inferior izquierda con los valores en metros.

Teniendo en cuenta que los valores que se obtengan de la proyección UTM son valores proyectados se pueden realizar las siguientes acciones con esos datos.

### Obtención de coordenadas.

La determinación de las coordenadas de los puntos es de lo más simple, dependerá de la precisión que se desee tener. Si se quiere determinar las coordenadas de un punto con una aproximación de 100 metros basta observar a ojo con referencia en los valores indicados.

El punto A de la ilustración tendrá las siguientes coordenadas:

A (6778, 2235.6) en Km.

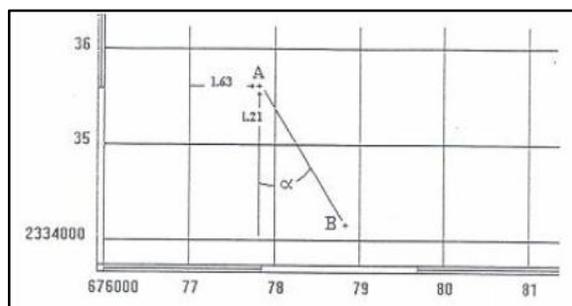


Ilustración 2.16: Ejemplo de la cuadrícula UTM (INEGI, Manual de cartografía)

Si se quiere mayor aproximación habría que medir con un escalímetro hasta el décimo de milímetro, lo que permite obtener una aproximación de  $\pm 5$ m. Cabe recordar que en la carta 1:50 000 1cm= 500 metros.

### Cálculo de distancias

Para encontrar la distancia recta entre dos puntos con una precisión mayor que la que pueden dar la fracción representativa o la escala gráfica , puede calcularse determinando las coordenadas UTM de los puntos extremos de la línea y aplicar la fórmula de distancia entre dos puntos:

$$D_{1-2} = \sqrt{S}$$
$$S = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$$

*En donde  $(x_1, y_1)$  son las coordenadas UTM del primer punto y  $(x_2, y_2)$  las del segundo.*

$$\text{O sea: } D = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

El procedimiento es válido para obtener la distancia entre dos puntos cualesquiera, sin embargo cabe mencionar que no se pueden calcular distancias de la proyección UTM ya que al conservar ángulos deforma distancias. Este procedimiento no se puede aplicar utilizando puntos que estén en dos o más zonas UTM debido a que las coordenadas de los puntos extremos no son compatibles por

estar referidas a meridianos centrales diferentes. En estas situaciones hay que recurrir a fórmulas geodésicas para cálculo de distancias en función de coordenadas geográficas, lo cual implicaría transformar de UTM a geográficas.

### Determinación de direcciones

El rumbo de una línea se puede determinar usando las coordenadas de los puntos extremos de parejas de puntos intermedios a lo largo de una línea. Siguiendo con el ejemplo, el rumbo de la línea AB se obtiene aplicando la fórmula:

$$\tan \alpha = \frac{(x_2 - x_1)}{(y_2 - y_1)}$$

*En donde:*

$\alpha$  = ángulo entre la línea y la dirección Norte – Sur.

Si se invierte el orden de los puntos se obtendrá un rumbo noroeste de B hacia A.

El rumbo así obtenido corresponde a una dirección de cuadrícula, ya que como en el caso de la distancia los valores empleados son coordenadas que están en la cuadrícula UTM.

La carta 1:50 000 del INEGI utiliza un formato regular de 15 minutos de latitud por 20 de longitud que cubren un área aproximada de 960 Km.

A continuación se muestra un ejemplo de carta topográfica 1:50 000.

Dentro de sus elementos se encuentran:

El caneavá: Son las líneas que marcan la latitud y longitud en grados, minutos y segundos, es decir, las que refieren a coordenadas geográficas (paralelos y meridianos). El formato de la carta es de 15' de latitud por 20' de longitud, la división de la gráfica se indica a cada minuto y el valor completo se rotula cada cinco minutos en los cuatro márgenes.

La cuadrícula o retícula UTM es la proyección de la red geodésica del NAD 27, ITRF 92 e ITRF 08 con medidas ortogonales. Es representada la primera con líneas azules continuas y la segunda con líneas azules discontinuas.

### Convergencia de meridianos

La magnitud del ángulo de convergencia es variable, parte de cero en el centro de cualquier zona UTM y aumenta su valor hasta que llega a un máximo en los límites de la zona.

Las cartas topográficas del INEGI 1:50 000 contienen un “diagrama de convergencia” indicando este valor, junto a ella se expresa numéricamente.

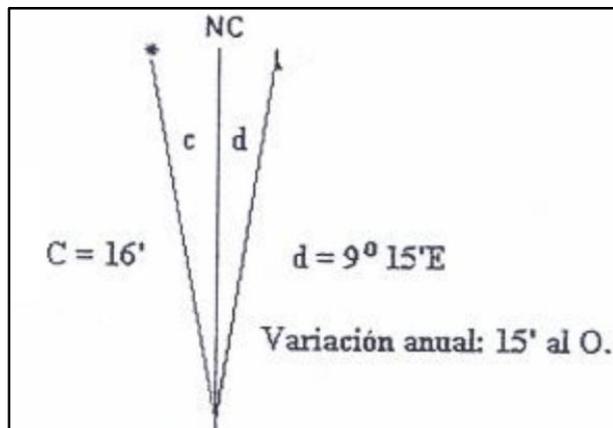


Ilustración 2.175: Diagrama de convergencia

En este la línea principal rotulada con NC representa el norte de cuadrícula y a los lados según sea el caso se indican el norte

magnético rotulado con una flecha y el norte verdadero o astronómico rotulado con una estrella.

$C = \text{Convergencia de cuadrícula}$

$d = \text{ángulo de declinación magnética}$

El norte real o astronómico puede quedar a la izquierda o a la derecha del norte de cuadrícula dependiendo de la posición del punto con respecto al meridiano central de la zona UTM y por tanto la convergencia puede ser positiva o negativa; positiva al este y negativa al oeste.

➤ **Planteamiento final de los errores encontrados**

Los sistemas de coordenadas que se mencionaron anteriormente, representan un proceso a seguir para pasar de un sistema a otro; se debe considerar que los sistemas de coordenadas operan de distintas maneras, algunos con coordenadas referidas a un punto sobre la superficie terrestre, otras al centro de la tierra y otras se refieren a proyectadas.

Para definir un lote minero según lo especifica la ley y para dibujarlo posteriormente debería seguirse un proceso pasando de un sistema a otro hasta llegar al sistema destino.

Para explicar de una manera más clara el planteamiento de los errores derivados de no tener en consideración todo lo expuesto anteriormente en este capítulo se dividirá en dos partes: la primera involucra a la definición de lote minero, la segunda al proceso para generar cartografía minera.

### Primera parte

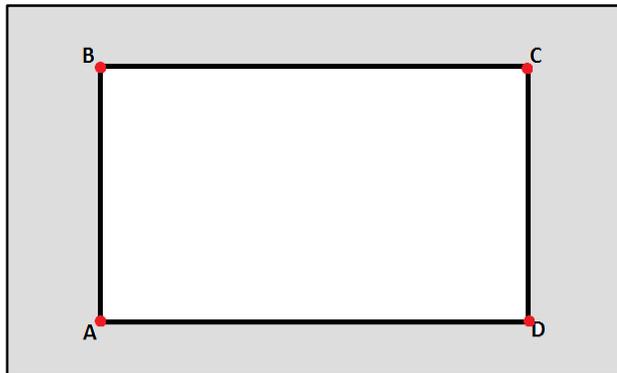
Como se ha mencionado anteriormente la Ley define un lote minero bajo dos condiciones:

1. Orientado astronómicamente Norte-Sur o Este-Oeste (rumbos francos<sup>13</sup>).
2. La longitud de los lados debe ser de 100 o múltiplos de 100 metros.

#### Condición 1:

Supóngase un lote minero de forma ideal cuyos vértices están determinados y se representan a continuación con las letras A, B, C, D. Al hablar de que se oriente Norte - Sur se definen los rumbos de A hacia B como Norte franco y de C hacia D como sur franco, es decir, que A y B estarán sobre la misma línea al igual que C y D compartirán la misma línea hacia el norte.

La siguiente figura muestra los puntos A, B, C, D definiendo a un lote minero supuestamente orientado astronómicamente en donde el segmento AB y el segmento CD se encuentran orientados al norte y sur franco respectivamente.



*Ilustración 2.18: lote minero.*

<sup>13</sup> Se les llama “rumbos francos” a los orientados exactamente al norte, sur, este u oeste.

Sin embargo es errónea. Al estar sobre la misma línea los puntos A y B deberán mantener la misma longitud y recordando que la tierra es esférica esto implica seguir sobre un mismo meridiano y los meridianos son líneas que convergen en los polos, por lo cual el lote que aparentemente es un cuadrado o rectángulo y cuyos lados AB y CD están supuestamente orientados al norte se vería deformado de cumplir esa condición.

Entonces, el lote minero cuyos vértices son A, B, C, y D se delimitará teniendo en cuenta las dos condiciones planteadas en la definición. Los segmentos AB, BC, CD, DA representan los lados del perímetro del lote.

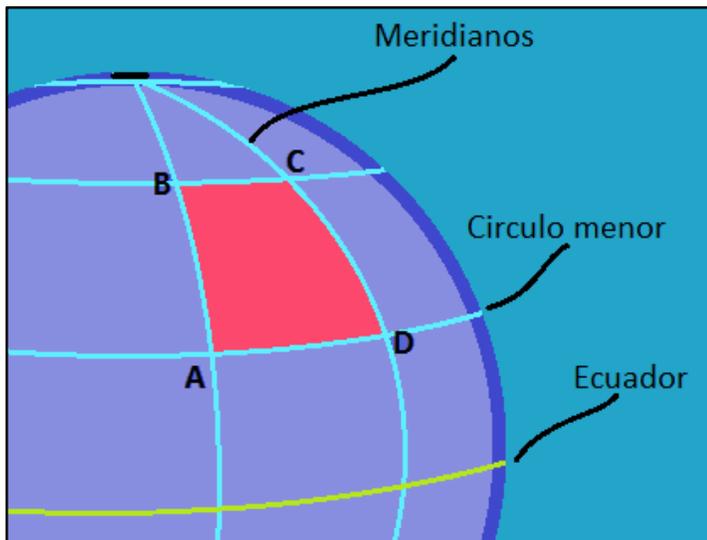


Ilustración 2.196: Orientación astronómica Norte-Sur.

Para cumplir con esta condición los lados AB y CD están orientados en dirección Norte – Sur mientras que los lados BC Y DA estarán cada uno sobre un círculo menor o de declinación (paralelo al ecuador) generando una curva horizontal en el terreno.

Al momento en que la orientación de los lados AB y CD se mantiene Norte – Sur se puede notar que la distancia entre los vértices B y C es menor que la comprendida entre D y A, por tanto, imposibilita la segunda condición del artículo.

Ahora bien, si desde el punto A se avanza en dirección al este franco, o sea hacia  $90^\circ$  de azimut se encontrará a un punto D' y no a D, de igual manera al

centrarse en D' y visar con el telescopio hacia el oeste franco (270° de azimut) se encontrará al punto A' en lugar de encontrar al punto A.

A' y A así como D' y D estarán situados en el mismo meridiano respectivamente, tal como se muestra en la ilustración de la derecha.

Esto resulta debido a que la dirección Este – Oeste en cualquier punto estará definida por la traza del primer vertical de ese punto y su plano del horizonte. De manera que

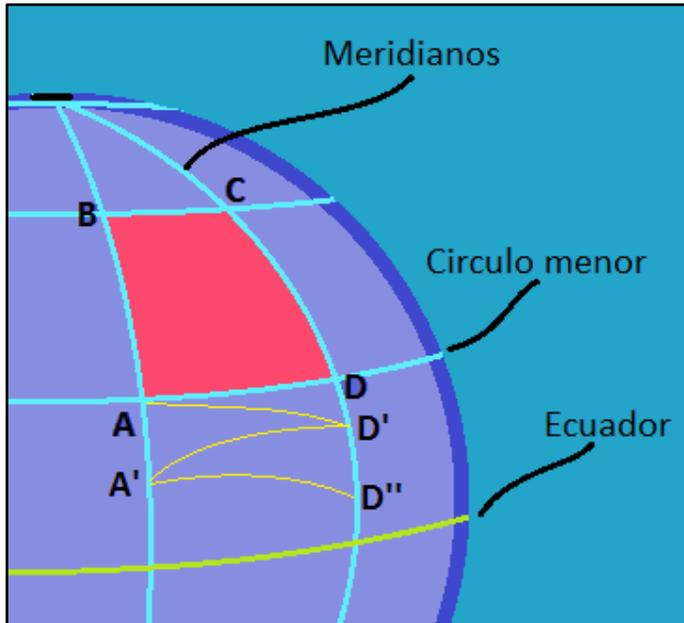


Ilustración 2.20: Orientación Astronómica Este-Oeste.

el Este franco y Oeste franco cambiará en cada punto, este cambio se hace notorio en una longitud de aproximadamente 3" de arco, de manera que para encontrar el este franco, cada 3" de arco deberá volverse a orientar. Entonces, si se mantuviera esa condición, el trazo del lote pasaría a tomar otra forma.

En la ilustración posterior se observa el lote definido por A, B, C, D que supuestamente está delimitado según lo especifica el artículo y en color rojo se observan los meridianos que pasan por A y D y que mantienen el norte franco hasta convergir en el polo.

A, B, C y D se encuentran definidos con mojonearas. Si a partir de A se traza una distancia de 600 m hacia B

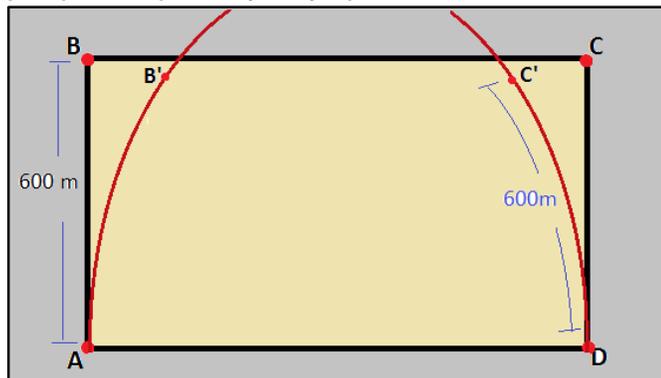


Ilustración 2.217: Vértices del lote minero según la condición 1.

manteniendo la orientación Norte – Sur (Con rumbo franco entre ellos).

Sin embargo, tal como lo muestra la figura, al mantener la misma longitud en el punto B no se encontrará sino que se definirá un punto B' a 600m sobre el meridiano. Posteriormente, según lo especifica el artículo 12, se deberá visar al este franco para encontrar a B partiendo de A, pero se encontrará a B'. De igual manera si partiendo de D se intentara ver a C se encontraría un punto C' y si se partiera de C para visar a D (mientras que C' no se hubiera definido partiendo de D) se encontraría un punto D' orientado al Sur franco de C'.

De esta manera, los puntos A, B', C' y D constituirán los vértices del lote partiendo de mantener los rumbos francos entre A y B' y entre C' y D respectivamente. El lote se vería deformado a un trapecio:

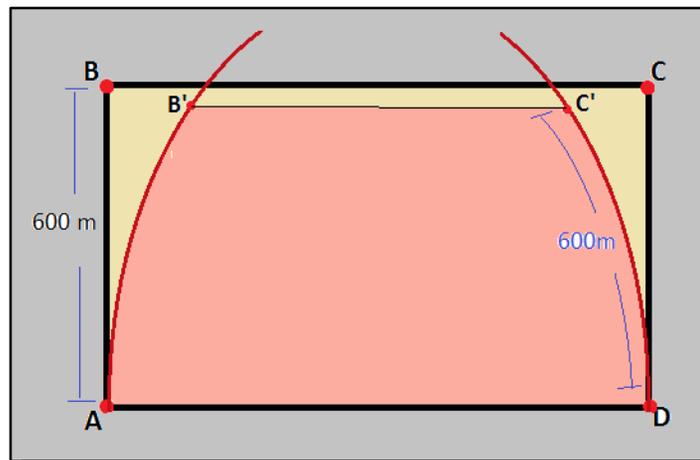


Ilustración 2.22: Lote minero final después de aplicada la condición 1.

En un sentido más estricto, si se visara desde el punto A se encontraría al norte el punto B', al oeste de B' al punto C' y al sur de C' al punto D', al visar de D' al oeste se encontraría a un A' sobre el mismo meridiano de B', pero quizá la distancia entre ellos no se mantendría.

Por tanto, al mantener la orientación de todos los lados se verán alterados todos los vértices.

Para eliminar estos problemas convendría trazar sobre el terreno meridiano y paralelo y sobre ellos definir el tamaño del lote. En caso de que se tuviera así entonces se procede a validar la condición 2.

Condición 2:

Una vez que los lados B'A y C'D están trazados sobre el mismo meridiano, la longitud de estos podrá ser múltiplo de 100 metros, pero el problema viene al establecer la distancia AD' como múltiplo de 100 metros, entonces el lado B'C' será más corto y por lo tanto puede no ser múltiplo de 100 metros, con ello queda expuesto que no se puede cumplir la segunda condición, tal como se muestra en la ilustración 2.23.

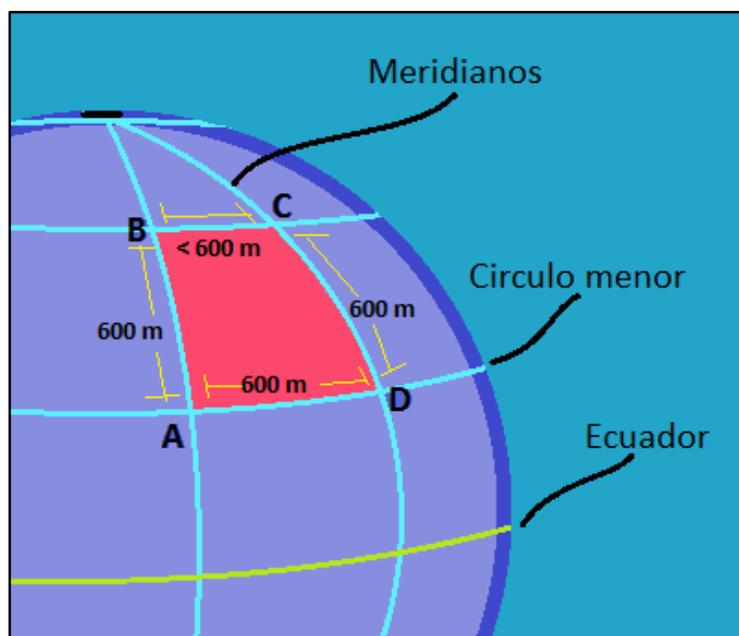


Ilustración 2.23: Condición 2, lote minero.

Pero en el caso de obligar al lado B'C' a tener la misma longitud que AD', este pasará a formar el segmento BC, por lo tanto los lados AB y DC que conformarían los lados del lote final no estarán orientados Norte – Sur con rumbos francos sino que el lado AB tendría rumbo noroeste (NW) y el lado DC noreste.

En un sentido aún más riguroso los lados AB y DC irán cambiando sus rumbos a lo largo de su trayectoria como se ejemplifica en la ilustración 2.24.

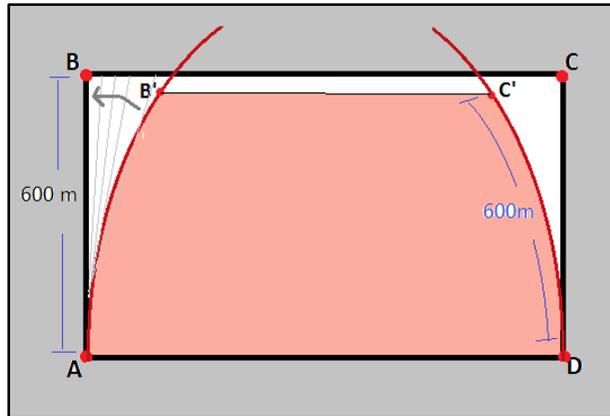


Ilustración 2.24: Cambio de rumbo desde B' hasta A.

Se propone el ejemplo siguiente:

Se comienza en A con una longitud al oeste de  $90^\circ$  ( $\lambda = 90^\circ W$ ), si se toma el punto B como definitivo (A y B están definidos por mojoneras en campo), este tendrá una  $\lambda = 90^\circ 00' 50''$ , esto quiere decir que no se encuentran sobre el mismo meridiano y por tanto B no estará al norte franco de A sino al noroeste de A.

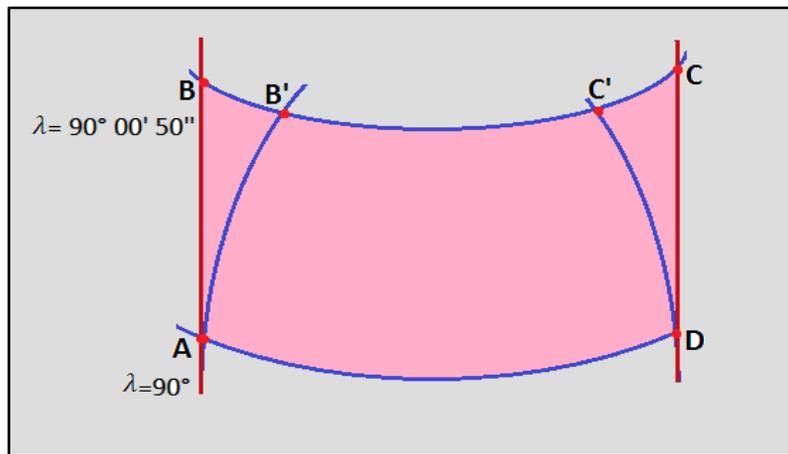


Ilustración 2.25: Orientación noroeste de B respecto de A.

Con este razonamiento se concluye que geodésicamente es imposible cumplir ambas condiciones y recordando un poco, ya que

estas condiciones

vienen dadas desde la segunda generación de cartografía minera, desde ese entonces existe dicho error, que se logra visualizar más claramente en los lotes de grandes dimensiones.

La solución a esto consistiría en elegir si se mantiene la primera o la segunda condición del artículo 12 de la Ley Minera.

## **Segunda parte**

Esta refiere a la cartografía minera.

Se ha mencionado anteriormente que un lote puede delimitarse manteniendo la condición 1 o la condición 2 del Artículo 12 de la Ley Minera, cualquiera que sea el caso.

Es necesario para este punto considerar que un lote minero no se traza en terreno sino que se delimita sobre la cartografía base de INEGI una vez ubicado en esta su punto de partida.

El proceso para generarla resulta erróneo desde el hecho de que la proyección UTM (En la que se basa la cartografía que genera el INEGI) tiene la propiedad de conservar ángulos, mas no distancias, por lo cual dibujar rumbos y distancias sobre esta proyección es incorrecto.

El supuesto caso de que el lote se delimitara en campo, posterior a eso se dibujara sobre una carta de INEGI 1:50 000 tal como lo establece el Manual de Servicios al Público en Materia Minera implicaría considerar distintas transformaciones de coordenadas para pasar lo del terreno a la carta topográfica. Cabe mencionar que estas coordenadas pueden resultar muy parecidas, y llegarse a confundir.

El no tener en consideración lo anteriormente mencionado propicia que el dibujo sea erróneo y aparente traslapos o separaciones como las expuestas anteriormente en la comparativa de las cuatro generaciones de cartografía minera.

El error se hace notorio de nuevo en campo al comenzar a trabajar dentro del lote minero ya que se debe ahora pasar de lo dibujado al terreno, es decir, el proceso inverso para obtener las coordenadas topográficas partiendo de las coordenadas UTM obtenidas de la carta.

Se puede analizar el siguiente ejemplo:

Suponiendo que un lote minero es dibujado correctamente sobre la cartografía base de INEGI pueden obtenerse posteriormente las coordenadas UTM de cada vértice y a partir de ahí se obtiene la distancia de punto a punto con la siguiente formula:

$$D = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

Suponiendo que el lote minero ideal es un cuadrado se establece lo siguiente:

Los puntos A y B conservan la misma coordenada en X así como los puntos C y D; los puntos B y C conservan la misma coordenada en Y así como A y D. Entonces la distancia de A hacia B estará dada por:

$$D = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

$$D = \sqrt{0 + 600^2}$$

$$D = \sqrt{600^2}$$

$$D = 600 \text{ m}$$

Donde:

$$\Delta x = \text{Desplazamiento en } x = 552216.1 - 552216.1 = 0 \text{ m}$$

$$\Delta y = \text{Desplazamiento en } y = 111711.1 - 211111.1 = 600 \text{ m}$$

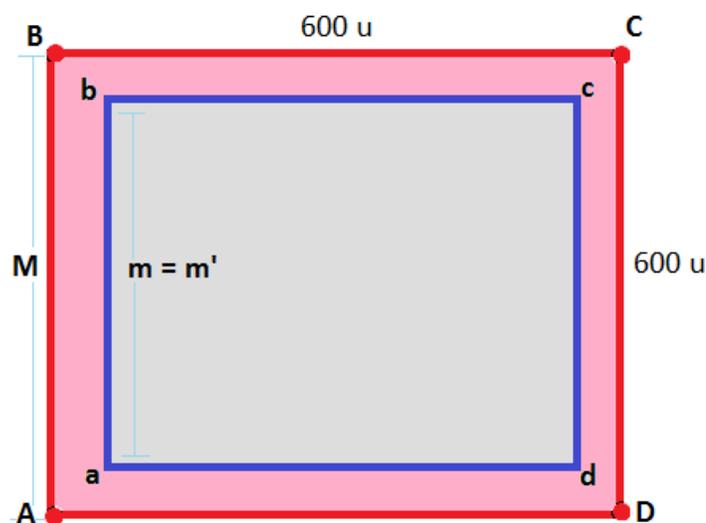
Otro dato importante es tener en cuenta el Datum sobre el que se dibujó el lote, para ello basta con observar la parte derecha de la carta topográfica donde se indica el sistema geodésico en que se encuentra esa carta, esto debido a que cabe considerar que aunque la diferencia entre la cuadrícula

UTM – ITRF 92 y la UTM – ITRF 08 no es mucha existe cierto desplazamiento entre ellas, de igual manera sucede con NAD 27.

Al no tener el cuidado necesario en el manejo de coordenadas cuando se dibuja el error se hace evidente al momento de pasar lo dibujado al terreno, las distancias no coincidirán con los puntos que deberían tener en campo, las coordenadas de los vértices caerán en otro lado, por mencionar algunos.

En la siguiente figura se observa en color rojo el lote minero trazado sobre la carta y en azul el replanteado posteriormente.

La distancia  $M$  será la obtenida en campo y múltiplo de 100m.



La distancia  $m$  será la dibujada.

La distancia  $m'$  será la replanteada con GPS

El desplazamiento que hay entre el vértice A y el "a" hace notorio el error que hubo al momento de dibujar, trazando distancias y rumbos sobre una carta topográfica, desde luego, las coordenadas de los vértices no coincidirán.

En caso de requerirlo, al momento de replantear estas coordenadas en campo y si se utiliza el mismo origen quedarán así:

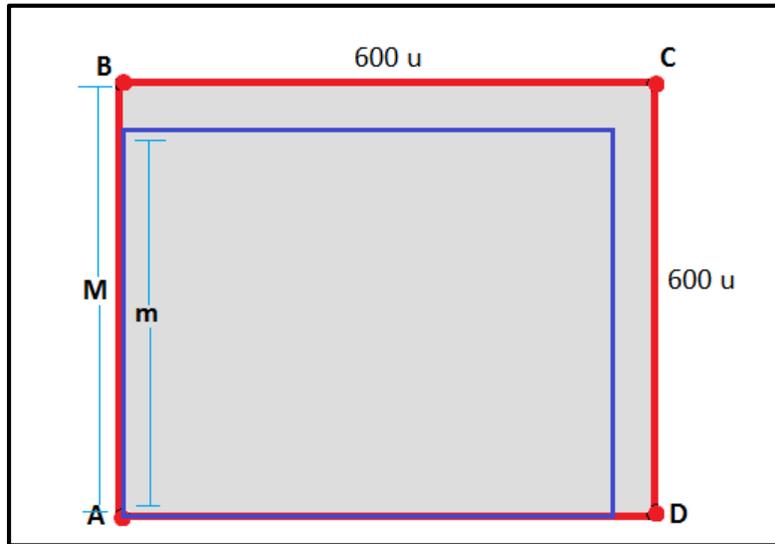
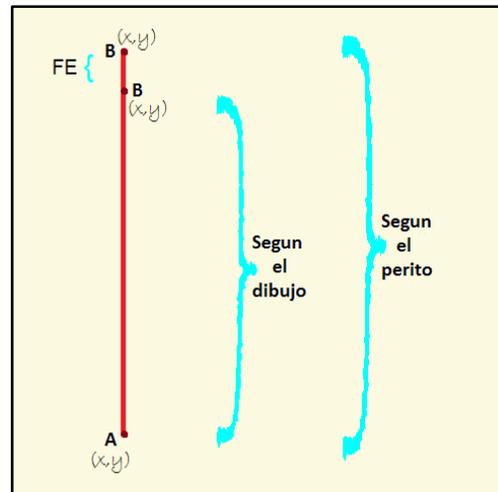


Ilustración 8.26: Diferencia de magnitudes del mismo lote dibujado y existente en campo.

Entonces si la distancia original es  $D = 700\text{m}$  en una primera medición (cuando el perito lo delimita) y posteriormente se dibuja, si se volviera a medir lo dibujado (que generalmente se hace cuando se comienza a trabajar dentro del lote) a partir de lo especificado en el dibujo se obtendrá exagerando un poco una  $D = 698\text{m}$ .



Puede ocurrir entonces que:

1. Las coordenadas del dibujo caigan a una menor distancia.

2. Los vértices al trazar el rumbo y distancia caigan en otras coordenadas.

Esto sucede al no considerar que:

- I. El sistema sobre el que se trabaja es importante porque las coordenadas UTM no será igual en un sistema que en otro ya que las mallas que forman la cuadrícula no son coincidentes, en cambio las coordenadas geográficas<sup>14</sup> son únicas, por tanto para pasar de un sistema a otro el procedimiento implica convertir primero a coordenadas geodésicas del sistema geocéntrico.
- II. La distancia obtenida a base de coordenadas rectangulares (cuadrícula UTM) es una distancia de cuadrícula. Si se desea obtener la distancia topográfica es necesario aplicar una corrección llamada **factor de escala** que como ya se mencionó es la relación que existe entre la distancia recta de la cuadrícula y la correspondiente curva sobre la superficie terrestre y considerar que la proyección UTM deforma distancias.
- III. El rumbo sobre la cuadrícula corresponde a una dirección de cuadrícula, ya que los valores empleados son coordenadas que pertenecen a la cuadrícula UTM, si se desea conocer la dirección astronómica que establece la definición de lote minero es necesario hacer una corrección por convergencia.

---

<sup>14</sup> Las coordenadas geográficas se refieren a los sistemas Astronómico Local, Geodésico Local y Geodésico Geocéntrico.

Para corregir el error del sistema en el que se trabaja se tiene que transformar de  $(x, y)$  UTM a  $(\varphi, \lambda)$  geográficas y a  $(x, y)$  en el terreno.

Para corregir la segunda, ya se explicó con anterioridad cual es la relación del factor de escala en la UTM.

La tercera consideración y referente a la dirección, indica una necesaria corrección por convergencia para transformar de la dirección cuadrícula a la *astronómica, real o verdadera*, para ello hay que recordar que los mapas definen la dirección norte real y convergen hacia los polos mientras que las líneas verticales de la cuadrícula son paralelas y definen la dirección del *norte de cuadrícula*.

Por tanto, entre ambos sistemas de coordenadas, el geográfico y el rectangular, existe una relación angular que depende de la posición geográfica, tal que para un punto dado existe un ángulo llamado “ángulo de convergencia” entre el meridiano que pasa por el punto y la correspondiente línea vertical de la cuadrícula.

El valor de este ángulo se calcula por:

$$C = \Delta\lambda \operatorname{sen} \varphi$$

En donde  $\Delta\lambda$  es la diferencia en longitud geográfica que existe entre el punto considerado y el meridiano central que le corresponde, es decir:

$$\Delta\lambda = \lambda_0 - \lambda_p$$

Y  $\varphi$  es la latitud del punto.

### **Ejemplo:**

Para un punto en México con una latitud de  $22^\circ$  y una longitud de  $103^\circ$ , se tiene que  $\varphi = 22^\circ$ . Para determinar  $\Delta\lambda$  se tiene la siguiente expresión:

$$\Delta\lambda = 177 - 6n - \lambda_p$$

En donde “n” es un número entero tal que multiplicado por 6 dé un resultado muy próximo a 74. En este caso n=12 ya que  $6 \times 12 = 72$ , entonces:

$$\Delta\lambda = 74 - 72 = \pm 2^\circ$$

Por lo tanto la convergencia vale

$$C = 2 \operatorname{sen} 22^\circ = 2 \times 0.375 = 0.75^\circ = 45'$$

El signo positivo indica que el punto se encuentra al este del meridiano central.

Si se conoce en número de zona UTM se puede encontrar  $\Delta\lambda$  aplicando lo siguiente:

El meridiano central tiene una longitud  $\lambda_0$  determinada por:

$$\lambda_0 = 183 - 6N$$

Entonces:

$$\Delta\lambda = 183 - 6N - \lambda_p$$

En donde N es el número de zona. Para la longitud del punto resulta que N= 13; de modo que

$$\Delta\lambda = 183 - (6 * 13) - 103$$

$$\Delta\lambda = 183 - 181$$

$$\Delta\lambda = +2^\circ$$

La corrección a la dirección de cuadrícula se aplica sumando o restando el valor de la convergencia según el signo dado por la diferencia en longitud calculada

Como resultado de estas omisiones se resumen dos errores:

- **Error 1:** *La definición de lote minero según el Artículo 12 de la Ley Minera.*

Se considera un error técnico mantener ambas condiciones estipuladas en dicho artículo, comprobado anteriormente.

- **Error 2:** *Delimitar un lote minero trazando rumbos y distancias sobre una carta topográfica en la proyección UTM sin considerar las particularidades de esta proyección y generar cartografía minera a partir de esto.*

Se considera errónea ya que existen traslapes o separaciones aparentes al conjuntarlas tal como lo muestra la DGRM en su cartografía minera abierta al público y que se ejemplifica al inicio de este capítulo.

### CAPÍTULO III **Alternativas de Solución**

Una vez identificados los errores expuestos en el capítulo anterior se sugieren tres alternativas de solución. Una de ellas es una propuesta realizada años atrás, se menciona debido a que, al ser una modificación radical la que se propone, podría suponerse como la meta a la cual se puede llegar en un futuro, una vez saneados los errores existentes.

A continuación se mencionan las tres alternativas:

#### **1. La Gradícula Minera**

Esta propuesta fue hecha por un equipo de trabajo cuyo fin era modernizar la actual Dirección General de Regulación Minera (DGRM en adelante). La propuesta llevó por título “La Gradícula Minera” y sus autores y principales impulsores fueron los Ingenieros Topógrafos y Geodestas José Luis Méndez Nárez y José Luis Mendoza Mendoza, egresados de la Facultad de Ingeniería de la UNAM años atrás y cuyas trayectorias profesionales han estado dedicadas al campo de la minería abarcando distintas áreas. El trabajo fue presentado en octubre de 2007, apoyados por algunos otros colaboradores.

Las mejoras que este modelo planteaba eran notorias y radicales. Como principio incluía la ubicación de un lote minero por coordenadas geográficas, lo cual permitía conjuntar la cartografía minera del país completa utilizando el sistema de referencia oficial para México sin depender de una proyección y escala específicas y propuso un concepto nuevo que serviría como unidad de medida de un lote minero, lo denominaron Unidad Catastral Minera (UCM en adelante).

La propuesta de la Gradícula Minera plantea un modelo de cartografía ideal en el que todo el país se divide de manera homogénea y se tiene un control de los lotes mineros mediante un SIG. Entonces un lote minero no estaría definido en unidades de superficie sino por el número de UCM que contenga, siendo una UCM la unidad mínima que conforma un lote minero.

Los beneficios que esto conlleva son muchos, sin embargo, la propuesta no resultó viable a corto ni a mediano plazo, por tanto, requiere de una modificación previa de la Ley, una antesala cuya función sea acercar a la cartografía minera de manera gradual hacia una modificación radical.

Para migrar de la Cartografía existente a la Gradícula Minera, la propuesta planteaba homogeneizar el sistema de coordenadas al que se refieran los valores de ubicación, tanto de los puntos de partida como de los vértices que delimitan el lote minero, dado que no hay certeza en el origen de la ubicación de algunos lotes. Esto es necesario debido a la mezcla indistinta de conceptos topográficos y geodésicos, posición geográfica de los Puntos de Partida sin valores y de los vértices.

Aunado a esto, la propuesta estuvo acompañada de un análisis geodésico, que es en el que descansa la incongruencia del Artículo 12, tal como más adelante se explica el análisis geodésico que sustenta esta propuesta.

La Gradícula Minera es una propuesta radical que bien puede ser viable una vez saneado lo existente. Por tanto, aunque ofrece un modelo de cartografía minera muy práctico y ordenado podría resultar complicado migrar a este modelo de manera inmediata.

## 2. **Modificación Parcial al Artículo 12 de la Ley Minera.**

La segunda alternativa a analizar es la modificación parcial del Artículo 12 de la Ley Minera.

Esta propuesta tiene una ligera relación con la anterior, ya que consiste en modificar textualmente el Artículo 12 de la Ley Minera bajo argumentos geodésicos y cartográficos que amparen la modificación.

El concepto de UCM no se toma en cuenta, la superficie de los lotes sigue midiéndose en hectáreas.

El planteamiento final del artículo quedaría de la siguiente manera:

“Toda asignación o zona que se incorpore a reservas mineras deberá referirse a un lote minero, solido de profundidad indefinida limitado por planos verticales, cuya cara superior es la superficie del terreno sobre la cual se determina el perímetro que comprende.

Los lados que se integran el perímetro del lote deberán estar orientados astronómicamente Norte-Sur y Este-Oeste y la longitud de cada lado será de cien o múltiplos de cien metros considerando las siguientes excepciones:

1.- El último de los lados orientados Este-Oeste será mayor o menor a cien metros según sea el caso.

2.- Cuando estas condiciones no puedan cumplirse por colindar con otros lotes mineros.”

Modificando de esta manera el Artículo 12, se elimina el error de la inaplicabilidad de la definición de lote minero debido a la orientación astronómica que se propone.

**3. Modificación parcial al Artículo 12 de la Ley Minera y establecimiento del proceso de transformación de coordenadas para generar cartografía minera.**

Posterior a hacer un análisis geodésico y cartográfico con la finalidad de corroborar la aplicabilidad del artículo 12 de la Ley Minera referente a la definición de lote minero, se propone modificarlo textualmente con la finalidad de conservar los rumbos francos de los lotes para con ello respetar lo que la ley marca referente a la orientación astronómica de los lotes; conjuntamente se realiza una propuesta cuyo fin es conservar las dimensiones del lote en campo, es decir, no modifica absolutamente nada en terreno. Adicionalmente se plantea el proceso que se debería seguir para dibujar de manera correcta un lote minero, y las transformaciones de coordenadas que se deben llevar a cabo para ello y para obtener las dimensiones reales del lote minero sin importar cuál de las dos vertientes mencionadas anteriormente se emplee. Este proceso está fundamentado en dos puntos: el método de levantamiento que se utilice y el sistema de referencia empleado, forzando con ello a que un lote se delimite en primera instancia en campo.

Con la finalidad de visualizar de una manera más clara el panorama actual de la cartografía minera se propone un ejemplo sobre el cuál se aplicará dicho procedimiento.

Al plantear estos objetivos se pone a consideración la posible modificación del Reglamento y del Manual para hacer referencia en ambos documentos a este proceso para dibujar un lote minero o incluirlo en alguno de ellos.

Con esta propuesta se corrigen los errores mencionados en el Capítulo II de esta tesis.

Esta propuesta se fundamenta en un análisis geodésico y cartográfico para aclarar el correcto planteamiento en campo y la manera de posteriormente dibujar un lote minero en una carta topográfica o en un SIG con la finalidad de que esta nueva cartografía cumpla con ser única, verídica y útil; de igual manera plantea la solución para obtener datos de campo reales a partir de los datos que proporciona un título de concesión.

La propuesta evidencia la incongruencia de la definición, únicamente propone una corrección a partir de evidenciar un error derivado de una ignorancia en materia que ha llevado a tener una cartografía minera cuyo único uso es meramente ilustrativo aplicando una Ley que resulta incongruente e imposible de aplicar en lotes muy grandes; por tanto la modificación incluye lo siguiente:

“... Los lados que integran el perímetro del lote deberán estar orientados astronómicamente Norte-Sur y Este-Oeste para ello se definirán trazándose sobre meridianos y paralelos, delimitando sobre estas líneas las longitudes deseadas, excepto cuando estas condiciones no puedan cumplirse por colindar con otros lotes mineros.”

Como ya se mencionó, se sugiere también una alternativa en el caso de que no se pretenda modificar nada en terreno, esta segunda opción se da debido a que la definición de lote minero de quedarse como está resulta errónea pero no se utilizó como propuesta de modificación debido a que más que un

cambio representa mantenerse tal cual se estaba trazando ya que la supuesta orientación de los lotes con rumbos francos según se tienen actualmente no se ha realizado. Esta segunda opción quedaría de la siguiente manera:

“La longitud de los lados del perímetro del lote deberá ser de cien o múltiplos de cien metros manteniendo la dirección de las mojoneras o señales que definan los vértices del lote, excepto cuando estas condiciones no puedan cumplirse por colindar con otros lotes mineros”

## **CAPITULO IV**

### **Solución elegida**

Las tres alternativas expuestas en el capítulo anterior tienen en común el proponer la modificación del Artículo 12 con un enfoque distinto.

Esta modificación es particularmente distinta en la propuesta de la Gradícula Minera, que como ya se ha mencionado anteriormente, plantea un modelo completamente nuevo que implica la modificación de la forma y tamaño de los lotes midiendo el tamaño de estos en nuevas unidades denominadas Unidades Catastrales Mineras (UCM).

La alternativa 2 podría considerarse correcta, sin embargo, después de hacer el análisis geodésico se observa que también es errónea debido a que es imposible mantener ambas condiciones de orientación y dimensión.

Por tanto la alternativa 3 se toma como solución elegida por considerar que subsana el error técnico de la definición de lote minero y lo referente a cartografía minera.

La idea de dibujar lotes sobre paralelos y meridianos según la propuesta de la Gradícula minera es retomada en esta propuesta bajo las siguientes consideraciones:

1. A diferencia de la propuesta de Gradícula Minera, los lotes no tendrán que ajustarse a Unidades Catastrales Mineras (UCM), la manera de delimitarlos plantea la facilidad de hacerlo para cualquier tamaño de lote.
2. La alternativa propuesta como segunda opción permite mantener las dimensiones y forma de los lotes originales, modificando la definición de lote minero para que se ajuste a la situación actual.
3. El procedimiento para generar cartografía minera es aplicable en cualquiera de los casos.

Por tanto, en vista de que la alternativa 1 es una propuesta de cambio radical que para llevarse a cabo necesita de un cambio parcial previo y la alternativa 2 no constituye una solución viable, la alternativa a desarrollar es la número 3.

### **Modificación parcial al Artículo 12 de la Ley Minera y establecimiento del proceso de transformación de coordenadas para generar cartografía minera.**

#### **➤ Presentación de la propuesta:**

En vista de los errores técnicos encontrados en la definición de lote minero planteada en el Artículo 12 de la Ley Minera, mismos que derivan en cartografía minera, se propone reformar dicho Artículo bajo los siguientes objetivos:

1. Mantener la condición de la orientación astronómica de los lados del perímetro del lote.
2. En el caso de pretender no modificar lo existente en campo, el artículo deberá omitir la orientación astronómica con rumbos francos:

“Toda concesión, asignación o zona que se incorpore a reservas mineras deberá referirse a un lote minero, sólido de profundidad indefinida limitado por planos verticales y cuya cara superior es la superficie del terreno sobre la cual se determina el perímetro que comprende.

Los lados que integran el perímetro del lote deberán mantener distancias de cien o múltiplos de cien metros excepto cuando estas condiciones no puedan cumplirse por colindar con otros lotes mineros.”

3. El procedimiento para generar cartografía minera deberá ser propio del método de levantamiento que se haya utilizado así como el tipo de coordenadas que se hayan obtenido, teniendo en cuenta el sistema geodésico en el que se trabajó y el sistema sobre el que se dibuja.

Esta propuesta consiste entonces en modificar textualmente el Artículo 12 de la Ley Minera bajo argumentos geodésicos y cartográficos y referir en el Manual a un procedimiento de transformación de coordenadas en su mayoría que permita dibujar de manera correcta un lote minero sobre una carta topográfica.

Para aplicar dicho procedimiento resulta necesario hacer referencia a él ya sea en el Reglamento o en el Manual; esta propuesta sugiere que la referencia se haga en el Manual por el objetivo que este tiene:

“Establecer los conductos y formularios para la recepción de los asuntos previstos en el Reglamento de la Ley Minera, precisar las particularidades del punto de partida y los requisitos de los trabajos periciales.”

Por lo tanto, el Reglamento de la Ley Minera, según esta propuesta, no sufre ninguna modificación.

La aplicación de esta propuesta de modificación y del procedimiento para dibujar un lote minero no está contemplada dentro de los objetivos de esta tesis, de igual manera, la sugerencia de migración de la cartografía existente al nuevo modelo no es una propuesta definitiva, únicamente se sugiere como un posible ejemplo.

Sin embargo, la validación del procedimiento requiere de pruebas para determinar su factibilidad, es decir, requiere de comprobar que los puntos que se tomen en campo como vértices de un lote, al momento de aplicarles dicho

procedimiento para pasarlos al dibujo, coincidan con lo estipulado en el título de concesión minera.

En resumen, esta propuesta tiene dos objetivos:

1. Corregir la definición de lote minero estipulada en el Artículo 12 de la Ley minera de 1992.
2. Proporcionar un ejemplo del método correcto para generar cartografía minera con las hipótesis de: ser verídica, única y no ser únicamente ilustrativa; el modificar o no lo existente en campo dependerá de la condición que se desee mantener.

## **PROPUESTA**

### **Parte I: Modificación al Artículo 12 de la Ley Minera**

#### **➤ Motivos que amparan la modificación al Artículo 12 de la Ley Minera**

- La definición de lote minero especificada en el Artículo 12 de la Ley Minera contiene errores desde el punto de vista técnico en relación a Geodesia que repercuten en Cartografía. Resulta inaplicable por su naturaleza de origen geodésico y perímetro cartográfico.
- La delimitación, según esta definición, conforme aumenta el tamaño de los lotes, resulta inaplicable.
- El error contenido en dicha definición repercute en la generación de cartografía minera.

➤ **Redacción del Artículo 12 de la Ley Minera modificado manteniendo la primera condición.**

“Toda concesión, asignación o zona que se incorpore a reservas mineras deberá referirse a un lote minero, solido de profundidad indefinida limitado por planos verticales y cuya cara superior es la superficie del terreno sobre la cual se determina el perímetro que comprende.

Los lados que integran el perímetro del lote deberán estar orientados astronómicamente Norte – Sur y Este – Oeste, para ello se definirán trazándose sobre meridianos y paralelos, delimitando sobre estas líneas la longitud deseada para cada lado, excepto cuando estas condiciones no puedan cumplirse por colindar con otros lotes mineros.”

**Parte II: Procedimiento para generar Cartografía Minera**

➤ **Motivos que amparan la creación del Procedimiento para dibujar un Lote Minero.**

- La cartografía minera actual únicamente es ilustrativa, y por tanto poco confiable en cuanto a los valores de las coordenadas del punto de partida y las dimensiones de los lados de un lote minero.
- No existe un procedimiento para dibujar un lote minero que incluya el proceso de transformación de coordenadas.
- Complementa las especificaciones expuestas en el Capítulo IV del Manual de Servicios al Público en Materia Minera y del Artículo 16 del Reglamento de la Ley Minera.

- La aplicación de este procedimiento propone como producto final una representación gráfica correcta de lo existente en campo.

➤ **Presentación del procedimiento.**

En el capítulo II de esta tesis se exponen los errores que contiene actualmente la cartografía minera, entre ellos traslapes y separaciones aparentes, mismos que en campo no existen. Aun cuando lo que oficialmente se toma como cierto es lo existente en campo y no lo dibujado, la cartografía tiene la finalidad de servir como referencia y proporcionar información respecto al lote minero, que, con el debido tratamiento, resulte en información real sobre el mismo, como son las coordenadas de los vértices. Para llegar a este punto es necesario llevar a cabo un proceso previo de transformación de coordenadas. En el Capítulo II se mencionan las transformaciones necesarias para obtener como producto final las coordenadas geográficas de un punto; podría considerarse en este caso el punto de partida, o un vértice del lote. Una vez obtenidas las coordenadas geográficas es preciso transformarlas a coordenadas proyectadas, en este caso, coordenadas UTM en alguno de los sistemas existentes (ITRF, NAD), según se requiera para dibujarlo sobre la cartografía existente en INEGI según lo enmarca el Reglamento de la Ley Minera.

Para pasar de coordenadas geográficas a UTM existen distintos métodos, el propuesto a continuación es el Método Coticchia-Surace, comprende un conjunto de ecuaciones planteadas por Alberto Coticchia y Luciano Surace en el "Bolletino di Geodesia e Science Afini", Num. 1. La precisión que se obtenga depende del número de decimales que se utilicen y ronda el centímetro, se plantean a continuación las ecuaciones y se propone un ejemplo utilizando un punto de un lote minero.

**Método de transformación.**

Anteriormente se ha mencionado que el documento oficial que ampara un lote minero es un título de concesión minera, de igual manera se ha mencionado que los errores parten desde la definición de lote minero, y que es necesario modificarla para que lo existente en campo coincida con lo estipulado en la Ley independientemente del tamaño de un lote minero. También se menciona que derivado de esto existen dos errores más, uno corresponde a la manera en que se genera cartografía minera, que es el proceso en el cuál se pasa lo existente en campo a un dibujo sobre una carta topográfica según lo establece el Manual de Servicios al Público en Materia Minera por no tener las consideraciones debidas al momento de transformar coordenadas de campo a UTM. Posteriormente, al momento de comenzar a trabajar dentro del lote se deben tener las mismas consideraciones para transformar ahora de lo dibujado a coordenadas sobre el terreno.

Ahora bien, partiendo de que se cuenta con el título de concesión minera, este proceso se ubica a la mitad de camino entre los procedimientos para obtener coordenadas UTM y coordenadas del terreno.

En un título de concesión minera se encuentran las coordenadas UTM del punto de partida, así como el rumbo y la distancia de la liga que une a este con el primer vértice del lote. También se encuentran los rumbos y distancias de un vértice a otro.

Partiendo de esto se establecen a continuación los procesos de transformación de coordenadas, en primera instancia para transformar de UTM a geográficas y viceversa y posteriormente el problema directo e inverso de la geodesia, para obtener coordenadas geográficas de los vértices de un lote minero a partir de los datos que se encuentran dentro del título de concesión.

Una vez obtenidas estas coordenadas geográficas obtendremos las coordenadas del terreno con un proceso y las coordenadas UTM con otro.

## **PRIMER PROCEDIMIENTO UTM A GEOGRÁFICAS Y VICEVERSA.**

### **Cálculos previos**

Los insumos para transformar van a depender de si se requiere obtener las coordenadas UTM o geográficas, en el primer caso se utiliza el método directo cuyos insumos son las coordenadas geográficas (en grados, minutos, segundos) y en el segundo caso se parte de las coordenadas UTM para el proceso inverso. También se requiere tener los datos básicos del elipsoide de referencia como son el semieje mayor, el semieje menor y la excentricidad, a partir de los cuales se determinaran otros parámetros que definen la geometría del elipsoide.

Se recomienda calcular lo siguiente en el orden que se presentan las ecuaciones.

### **Sobre la geometría del elipsoide**

- Excentricidad: 
$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$$
- Segunda excentricidad: 
$$e' = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{b}$$
- Radio polar de curvatura: 
$$c = \frac{a^2}{b}$$
- Aplanamiento: 
$$f = \frac{a - b}{a}$$

El aplanamiento y la primera excentricidad no son necesarios para la aplicación de las ecuaciones de Coticchia-Surace, pero se incluyen debido a que frecuentemente los parámetros del elipsoide de referencia que se dan podrían variar y en función de ellos se puede calcular lo necesario, es decir, si los parámetros que se tienen son el semieje mayor y el aplanamiento o el semieje mayor y la excentricidad, conociendo las correspondientes formulas se puede también calcular el semieje menor b.

### Sobre la longitud y latitud

- Convertir los grados sexagesimales en grados decimales:

$$\text{grados decimales} = \text{grados} + \frac{\text{minutos}}{60} + \frac{\text{segundos}}{60}$$

Una vez que se tienen la longitud y latitud en grados decimales, se procede a su paso a radianes, pues la mayor parte de los pasos posteriores se realizan con datos de entrada en radianes, para ello:

- Convertir los grados decimales en radianes:

$$\text{radianes} = \frac{\text{grados decimales} * \pi}{180}$$

- Calcular el signo de la longitud:

*negativa: si esta al oeste del meridiano de Greenwich*

*positiva: si esta referida al este del meridiano de Greenwich.*

### Sobre el huso

Una vez preparados los datos de longitud y latitud, podemos calcular el huso o zona UTM donde caen las coordenadas a convertir:

- Cálculo del huso:  $Huso = \text{entero de } \left[ \frac{\text{grados decimales}}{6} + 31 \right]$
- Obtener el meridiano central de dicho huso.

Anteriormente ya se mencionó cuáles son los husos que ocupa la República Mexicana y sus respectivos meridianos centrales, no obstante se puede calcular ese meridiano de la siguiente manera:

$$\lambda_0 = Huso * 6 - 183$$

- Cálculo de la distancia angular que existe entre la longitud del punto con el que operamos y el meridiano central del huso.

Cabe mencionar que es importante introducir los datos en radianes tanto de la longitud como del meridiano central.

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$$

Una vez obtenidos los cálculos previos se aplican las ecuaciones de Coticchia-Surace para el problema Directo.

**Ecuaciones de Coticchia Surace para el problema directo (Paso de Geográficas a UTM).**

**- Cálculo de parámetros:**

$$A = \cos\varphi * \operatorname{sen}\Delta\lambda$$

$$\xi = \frac{1}{2} * \ln \left[ \frac{1 + A}{1 - A} \right]$$

$$\eta = \operatorname{arc\,tan} \left( \frac{\tan\varphi}{\cos\Delta\lambda} \right) - \varphi$$

$$v = \frac{c}{(1 + e'^2 * \cos^2\varphi)^{\frac{1}{2}}} * 0'9996$$

$$\zeta = \frac{e'^2}{2} * \xi^2 \cos^2\varphi$$

$$A_1 = \operatorname{sen}(2\varphi)$$

$$A_2 = A_1 * \cos^2\varphi$$

$$J_2 = \varphi + \frac{A_1}{2}$$

$$J_4 = \frac{3 * J_2 + A_2}{4}$$

$$J_6 = \frac{5 * J_4 + A_2 * \cos^2\varphi}{3}$$

$$\alpha = \frac{3}{4} e'^2$$

$$\beta = \frac{5}{3} \alpha^2$$

$$\gamma = \frac{35}{27} \alpha^3$$

$$B_0 = 0.9996 * c * (\varphi - \alpha J_2 + \beta J_4 - \gamma J_6)$$

Finalmente las coordenadas se calculan de la forma:

$$X = \xi * v * \left(1 + \frac{\zeta}{3}\right) + 500,000$$

$$Y = \eta * v * (1 + \zeta) + B_0$$

Es importante mencionar que si la latitud de las coordenadas geográficas con las que se opera pertenece a los hemisferios sur se debe sumar el valor 10,000 al resultado. Como el caso de México está al norte del ecuador no se realiza tal operación.

### **Ecuaciones de Coticchia-Surace para el proceso inverso (Calculo de las coordenadas geográficas a partir de las coordenadas UTM)**

Se parte de los mismos parámetros previos:

- Excentricidad
- Radio polar de curvatura
- Segunda excentricidad
- Semiejes

### **Tratamiento previo de X e Y, cálculo del meridiano central del huso:**

- Eliminación del retranqueo de las abscisas:  $X = X - 500,000$
- Eliminación del retranqueo de las ordenadas:

*Si las coordenadas UTM pertenecen al norte del ecuador o se al hemisferio norte entonces y no se modifica.*

*Si las coordenadas UTM pertenecen al sur del ecuador o sea al hemisferio sur, entonces  $Y = Y - 10,000,000$*

- Calculo del meridiano central del huso en el que caen las coordenadas UTM:

$$\lambda_0 = 6 * Huso - 183$$

### Calculo de parámetros

$$\varphi' = \frac{Y}{6,366,197.724 * 0.9996}$$

$$v = \frac{c}{(1 + e'^2 * \cos^2 \varphi')^{\frac{1}{2}}} * 0.9996$$

$$a = \frac{X}{v}$$

$$A_1 = \text{sen}(2\varphi')$$

$$A_2 = A_1 \cos^2 \varphi'$$

$$J_2 = \varphi' + \frac{A_1}{2}$$

$$J_4 = \frac{3 * J_2 + A_2}{4}$$

$$J_6 = \frac{5 * J_4 + A_2 * \cos^2 \varphi'}{3}$$

$$\alpha = \frac{3}{4} * e'^2$$

$$\beta = \frac{5}{3} * \alpha^2$$

$$\gamma = \frac{35}{27} * \alpha^3$$

$$B_0 = 0.9996 * c * (\varphi' - \alpha J_2 + \beta J_4 - \gamma J_6)$$

$$b = \frac{Y - B_0}{v}$$

$$\zeta = \frac{(e'^2 * a^2)}{2} * \cos^2 \varphi'$$

$$\xi = a * \left[1 - \frac{\zeta}{3}\right]$$

$$\eta = b * (1 - \zeta) + \varphi'$$

$$\text{sen } h \xi = \frac{e^\xi - e^{-\xi}}{2} \text{ en este caso } e \text{ no es la excentricidad}$$

$$\text{sino } e(2.71828182845905)$$

$$\Delta\lambda = \text{arc tan} \frac{\text{sen } h \xi}{\cos \eta}$$

$$\tau = \text{arc tan}(\cos \Delta\lambda * \tan \eta)$$

### **Cálculo final de coordenadas geográficas:**

$$\text{Longitud: } \lambda = \Delta\lambda + \lambda_0$$

$$\text{Latitud: } \varphi = \varphi' + \left[ 1 + e'^2 * \cos^2 \varphi' - \frac{3}{2} * e'^2 * \text{sen } \varphi' * \cos \varphi' * (\tau - \varphi') \right] * (\tau - \varphi')$$

\*Cabe mencionar que  $\Delta\lambda$  ha de pasar a grados sexagesimales en notación decimal, puesto que el cálculo hasta ahora lo tenemos en radianes. Para ello, dividimos entre  $\pi$  y multiplicamos por 180.  $\lambda_0$  Ya está en grados.

### **Paso de radianes a grados sexagesimales**

Para ello primero se pasa de radianes a grados decimales, únicamente la Latitud ya que la longitud ya está en grados.

$$\text{Grados decimales} = \frac{\text{radianes} * 180}{\pi}$$

Posteriormente se pasa de grados decimales a sexagesimales en grados minutos y segundos:

$$\text{Grados } (^{\circ}) = \text{entero de } [\text{grados decimales}]$$

$$\text{Minutos } (') = \text{entero de } [\text{grados decimales} - \text{grados} (^{\circ}) * 60]$$

$$\text{Segundos } (") = ((\text{grados decimales} - \text{Grados} (^{\circ})) * 60 - \text{Minutos } (') * 60)$$

## **SEGUNDO PROCEDIMIENTO: PROBLEMA DIRECTO E INVERSO DE LA GEODESIA.**

Este apartado se refiere a los problemas geodésicos básicos que consisten en la obtención de coordenadas bajo dos casos:

- La obtención de coordenadas de un punto B a partir de las coordenadas conocidas de un punto A.

- El cálculo de los azimuts y distancias geodésicos entre dos puntos partiendo de sus coordenadas.

El primer caso se denomina “problema directo” y parte de que se conocen las coordenadas geodésicas de un punto A así como el acimut y distancia geodésica hacia un punto B, con estos datos se pueden conocer las coordenadas geodésicas de B y su azimut inverso hacia A.

El segundo caso se denomina “problema inverso” y pretende encontrar los acimuts directo e inverso entre dos puntos y la distancia geodésica comprendida entre ellos conociendo las coordenadas geodésicas de cada uno.

### **Ecuaciones de Coticchia Surace para la resolución del problema directo de la geodesia.**

Partiendo de las coordenadas geodésicas  $(\varphi, \lambda)$  de un punto A y del azimut  $\hat{A}$  y distancia  $s$  geodésicos hacia un punto B, obtener las coordenadas geodésicas de B.

#### **Cálculo de la latitud:**

$$\varphi_B = \varphi_A + \frac{s \cos \hat{A}}{M_A} \left[ 1 - \frac{s^2 \sin^2 \hat{A}}{6M_A^2} (1 + 3 \tan^2 \varphi_A) \right] - \frac{s^2 \tan \varphi_A}{2M_A N_A} (\sin^2 \hat{A} + 3e'^2 \cos^2 \hat{A} \cos^2 \varphi_A)$$

#### **Cálculo de la longitud:**

$$\lambda_B = \lambda_A + \frac{s \sin \hat{A}}{N_A \cos \varphi_A} + \frac{s^2}{N_A^2 \cos \varphi_A} \left[ \frac{\sin 2\hat{A} \tan \varphi_A}{2} + \frac{s}{6} \left( \frac{\cos \hat{A} \sin 2\hat{A}}{M_A} + \frac{2 \tan^2 \varphi_A \sin 3\hat{A}}{N_A} \right) \right]$$

### **Ecuaciones de Coticchia-Surace para la resolución del problema inverso.**

Partiendo de las coordenadas geodésicas de dos puntos A y B se realiza lo siguiente:

- Cálculo de los parámetros iniciales:

$$\varphi = \frac{\varphi_A + \varphi_B}{2} \quad \eta^2 = e'^2 \cos^2 \varphi \quad v^2 = 1 + \eta^2 \quad \varepsilon = \frac{\varphi_B - \varphi_A}{2v^2} \quad \Delta\lambda = \frac{\lambda_B - \lambda_A}{2}$$

- Coordenadas auxiliares:

$$x' = \text{sen } \varepsilon \cos \Delta\lambda \quad y' = \text{sen} \Delta\lambda \cos \varphi \quad z' = \frac{\tan(v\Delta\lambda) \text{sen} \varphi}{\cos(v^2 \varepsilon)}$$

- Transformación de coordenadas:

$$x = x' \left[ 1 - \frac{\eta^2 y'^2}{3} + \frac{\eta^2 x'^2}{2} \left( v^2 - \frac{5-4v^2}{\cot^2 \varphi} \right) \right] \quad y = y' \left[ 1 + \frac{\eta^2 x'^2}{6} \left( 1 - \frac{2v^2+7}{\cot^2 \varphi} \right) \right]$$

$$z = z' \left( 1 + \frac{\eta^2 x'^2}{3} \right)$$

- Cálculo de los parámetros finales:

$$\gamma = \frac{\text{arc tan } z}{v} \quad S = \sqrt{x^2 + y^2} \quad a = \text{arc tan} \frac{y}{x}$$

- Distancias y acimuts geodésicos:

$$s = \frac{2a^2}{vb} \text{arc sen } S \quad \hat{A}_{AB} = 180^\circ + a - \gamma \quad \hat{A}_{BA} = a + \gamma$$

Cabe señalar que el camino a seguir ya sea para obtener las coordenadas topográficas, las coordenadas UTM o coordenadas geográficas, dependerá de los datos con los que se cuente y de la finalidad de un proyecto, es decir, si se desea replantear posteriormente el lote en campo, se necesitaría partir de las coordenadas UTM, convertir a geocéntricas y posteriormente transformar hacia el sistema astronómico local para transformar por último a coordenadas en el terreno.

Ya que el perímetro de un lote minero se define sobre una carta topográfica, mas no en campo, utilizando como referencia las coordenadas del Punto de Partida tomadas en campo, se debe considerar que las distancias que sobre ella se dibujen estarán mal planteadas teniendo en cuenta que la proyección UTM no conserva distancias, por tanto, las coordenadas de los vértices serán erróneas.

Sin embargo, para obtener las coordenadas UTM de los vértices se pueden aplicar los siguientes pasos, partiendo de la información proporcionada por un título de concesión minera.

**EJEMPLO:**

**Título de Concesión Minera numero: 229727**

**Nombre del lote: DORADOS 28**

**Agencia: Saltillo, Coahuila**

**Datum: NAD 27**

**Elipsoide asociado: CLARKE 86**

El título de concesión minera proporciona las coordenadas UTM del Punto de Partida y su rumbo astronómico y distancia geodésica hacia el primer vértice del lote. De igual manera proporciona los rumbos francos de cada las líneas que unen un vértice con otro y sus distancias.

- 1.- Se transforma el rumbo a azimut. En este caso el valor es el mismo ya que se encuentra en el primer cuadrante.
- 2.- Una vez obtenido Azimut, Coordenadas del P.P y distancia del PP al vértice 01 se obtienen las coordenadas de este del siguiente modo:

$$X_{01} = X_{P.P.} + (\text{distancia del P.P. a 01} * \text{seno del Azimut})$$

$$Y_{01} = Y_{P.P.} + (\text{distancia del P.P. a 01} * \text{coseno del Azimut})$$

*El resultado se encuentra en el Anexo I.*

- 3.- Se aplican las Formulas de Cotichia-Surace para la obtención de coordenadas geodésicas a partir de las UTM.

*El resultado se encuentra en el Anexo II.*

4.- Se obtienen las coordenadas cartesianas en el sistema geodésico geocéntrico.

*El resultado se encuentra en el Anexo III*

5.- Se obtienen las coordenadas cartesianas en el sistema geodésico local.

*El resultado se encuentra en el Anexo IV*

6.- Se obtienen las coordenadas cartesianas en el Sistema Astronómico Local (también llamadas topográficas).

Para ello, según se expone en el Capítulo II se necesita calcular la desviación de la vertical del lugar, esta depende de dos parámetros  $\eta$  y  $\xi$ . Esta desviación es la diferencia entre las direcciones de la línea de la plomada (latitud y longitud astronómica) y la dirección de la gravedad normal (latitud y longitud geodésica), es decir, la línea de la plomada y la normal al elipsoide.

Para estimar estos dos parámetros existen métodos astrónomo-geodésicos o de métodos gravimétricos, pero se sugiere utilizar uno combinado. En este sentido  $\eta$  y  $\xi$  son las componentes de la desviación de la vertical en las direcciones Norte, Sur, Este y Oeste y están dadas en función de las coordenadas astronómicas reducidas al geoide y por las geodésicas (referidas al elipsoide) y se pueden obtener a través de conocer o estimar reducciones gravimétricas.

Para comprender esto es necesario establecer el concepto de anomalía, entendiéndola como algo que difiere de lo que se espera o de lo teóricamente predecible. Las anomalías gravimétricas son mediciones de las diferencias de valores de gravedad observados y esperados.

Cabe mencionar que para la geodesia existen tres superficies de referencia: superficie topográfica (ST), elipsoide y geoide, pero desde el punto de vista de la geofísica y la gravimetría únicamente existen dos: superficie topográfica y elipsoide. Así mismo se debe considerar que la geofísica se refiere a un elipsoide general mientras que la geodesia utiliza distintos elipsoides llamados "elipsoides de referencia" que se ajustan a la zona sobre la cual se realizarán mediciones geodésicas.

Entendiendo eso las anomalías gravimétricas se realizan tomando en cuenta dos gravedades: la observada en el terreno y la estándar sobre el elipsoide. Considerando un punto sobre la superficie terrestre sobre el cuál se mide la gravedad observada  $g_{obs}$  y un punto sobre la superficie del elipsoide en donde se toma la gravedad estándar  $g_{est}$  (dependiente de la latitud), existen distintos tipos de anomalías, dentro de ellas están:

- Anomalía de Aire Libre: Considera que entre el elipsoide y la superficie del terreno solo existe aire, por ello únicamente se calcula respecto al elipsoide y no al nivel de la superficie del terreno que es donde se observa. Por ello se suma el efecto de las alturas de las estaciones y se calcula la corrección por aire libre que es un gradiente de altura.
- Anomalía de Bouguer: En esta se considera la masa que hay entre ambas superficies, y pretende eliminar el efecto gravimétrico producido por estas masas, para ello se supone una placa que contiene a estas masas cuya densidad es constante. A la anomalía de aire libre se le suma la corrección de Bouguer para obtener esta.
- Anomalía topográfica: A la de Bouguer se le suma una corrección topográfica que pretende eliminar el efecto del relieve irregular y con esto se realiza la corrección de Bouguer.

Para fines de geodesia, la anomalía que se utiliza es más simple aún que la de Aire Libre, se llama "Anomalía de la gravedad teórica" o "Anomalía de perturbación", esta se obtiene únicamente calculando la diferencia de la gravedad observada y la estándar.

Sin embargo, ya que no se realizó ningún ejercicio en campo, se utilizó una carta gravimétrica de corrección de anomalías por aire libre. El procedimiento consistió en lo siguiente:

La Anomalía de Aire Libre se compone de la siguiente manera:

$$\Delta_g A.L. = g_{obs} - g_{teo} + C.A.L.$$

dónde:

$$C.A.L. = \nabla_h * h$$

$$\nabla_h = \text{gradiente de altura} = 0.360$$

$$h = \text{cota del punto}$$

$$g_{obs} = \text{gravedad observada}$$

$$g_{teo} = \text{gravedad teórica}$$

Los datos que se obtendrán serán de una carta gravimétrica de anomalías por aire libre, pero la anomalía que se utiliza en geodesia para el cálculo de la desviación de la vertical del lugar también llamada Anomalía de perturbación se compone de la siguiente manera:

$$\Delta g = g_{obs} - g_{teo}$$

Por lo tanto para obtener esta anomalía se requiere restar a la Anomalía de Aire Libre la corrección por aire libre, esta última se obtiene multiplicando el gradiente de altura que se utilizó para corregir al carta por la cota del punto sobre el cual se va a calcular la desviación de la vertical del lugar de la siguiente manera:

$$\Delta g = \Delta g A. L. - C. A. L.$$

$$\Delta g = \Delta g A. L. - (\nabla_h * h)$$

Es necesario obtener el valor de la Anomalía de Perturbación en determinados puntos para posteriormente poder obtener la derivada de esa Anomalía respecto de X y Y, para aplicar las fórmulas de Bomford del cálculo de las componentes de la desviación de la vertical del lugar que se muestran a continuación.

Las inclinaciones entre el geoide y el elipsoide de referencia debido a un elemento de gravedad con un azimut dado son las componentes  $\xi$  y  $\eta$  en el punto.<sup>1</sup>

Las desviaciones se dan dentro de un pequeño anillo de radio  $r_0$  dado en metros (m) dónde los gradientes de gravedad están dados en  $mgal/m$  positivo si aumenta al norte o al este  $r_0$  puede variar entre 100 y 200 m.

Estas fórmulas dan una mejor aproximación a los valores a nivel del suelo de la desviación que al nivel del geoide y resulta más conveniente utilizarlas ya que son más precisas que el utilizar únicamente observaciones astronómicas

---

<sup>1</sup> Bomford, G. (1971). Geodesy, Third Edition, Oxford University, Press, London

de latitud y longitud que deberán ser corregidas para obtener el valor de la desviación también a nivel del suelo.

$$\xi'' = -(0.1051r_0 + 0.12 * 10^{-7}r_0^2) \frac{d\Delta_{g0}}{dy}$$

$$\eta'' = -(0.1051r_0 + 0.12 * 10^{-7}r_0^2) \frac{d\Delta_{g0}}{dx}$$

El resultado está dado en segundos.

Donde el gradiente de gravedad esta dado en  $mgal/m$ , positivo si incrementa al norte o al este. El valor de  $r_0$  oscila entre 100 y 200 m.

Se requiere entonces generar una malla sobre la carta gravimétrica sobre la cual se obtenga el valor de la Anomalía de Aire Libre en los nodos, posteriormente se calcula la Anomalía de Perturbación como se menciona anteriormente y por último se calcula una derivada numérica del valor de la anomalía de perturbación en las direcciones de X y Y.

La derivación numérica se basa en una función tabular, en este caso con  $n=3$  puntos que puede aproximarse a un polinomio de grado  $n-1$  (se emplean tres puntos en un esquema de interpolación de segundo orden) que pasa por los puntos que se establecen en la tabla y en donde la variable independiente quedará equiespaciada con un valor " $h$ ". Según el polinomio interpolante se especifica el orden de interpolación y el punto en el que se quiere obtener la derivada llamado "punto pivote".

En este caso se utilizaron 3 puntos de la función tabular y una ecuación de segundo orden de interpolación. El menor orden de interpolación para obtener la primera derivada de una función tabular es el primer orden y aunque no existe un límite en cuanto al orden de interpolación que deba elegirse este se define por consideraciones del error, entre mayor sea el orden de interpolación la precisión aumenta. Existe una relación entre el orden de la derivada y el de interpolación, en este caso se desea obtener la

primer derivada de un punto pivote aproximada a través de un polinomio de 3 puntos considerando hasta la segunda diferencia.

Cuando la ecuación para aproximar la derivada de un punto contiene la misma cantidad de puntos hacia la derecha o a la izquierda, como es el caso se denomina “ecuación de diferencias centrales”, estos esquemas resultan más precisos que otros.

La derivada se calcula con la fórmula de diferencias centrales siguiente:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{h} \left[ (y_1 - y_0) - \frac{1}{2}(y_2 - 2y_1 + y_0) \right] + e_r$$

Factorizando se obtiene  $\frac{1}{2h} [-y_0 + y_2] + e_r$

Modificando la notación  $\frac{1}{2h} [-1,0,1] + e^r$

Donde:

$h = \text{intervalo de variación entre los nodos}$

$e_r = \text{error aproximado}$

Utilizando el mismo lote minero se obtuvo la desviación de la vertical del lugar de la siguiente manera:

1. Se generó una malla en donde  $h_y = 17$  y  $h_x = 4$ . Se obtienen los valores en las direcciones X e Y de la Anomalía de Aire Libre en 5 nodos.
2. Posteriormente se restó la corrección de Aire Libre= C.A.L.=  $(\nabla_h * h)$ .
3. Se obtuvo la derivada del punto central en ambas direcciones, resultando un valor por cada nodo que posteriormente se promedió para obtener un valor generalizado del lote.
4. Se calcularon los valores en segundos de las dos componentes de la desviación de la vertical del lugar.

*Los resultados se encuentran en el Anexo V.*

**5.-** Finalmente se calculan las coordenadas cartesianas en el sistema Astronómico Local, también llamadas topográficas.

*Los resultados se encuentran en el Anexo VI.*

Utilizando el Método de Coticchia-Surace para la resolución del problema inverso de la geodesia se obtendrían los rumbos y distancias a partir de las coordenadas topográficas, de tal manera se podrían obtener las dimensiones reales del lote minero.

- **Complemento al Manual de Servicios al Público en Materia Minera.**
  - **Motivos que amparan la modificación del Manual de Servicios al Público en Materia Minera.**
    - La aplicación oficial y necesaria del procedimiento para dibujar un lote minero requiere de que se estipule dentro del Manual de Servicios al Público en Materia Minera.
  
  - **Redacción de las fracciones del Manual de Servicios al Público en Materia Minera.**

**Manual de Servicios al Público en Materia Minera**

**Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de Julio de 1999**

## **Título Segundo:**

### **Capítulo II: De los planos**

**Disposición Vigésima Tercera:** El plano a que aluden los tres últimos párrafos del artículo 16 del Reglamento de la Ley Minera deberá ser una copia de la porción de la carta topográfica editada por INEGI a escala 1:50 000 en la que se localiza el lote, dibujando con tinta negra en la misma un punto dentro de un círculo que indique la posición del punto de partida, seguido de las iniciales P.P., así como la línea auxiliar y el perímetro del lote numerando todos los vértices de él.

La copia será de tamaño carta como mínimo y deberá llevar anotado al calce el nombre del lote, número de registro y del título, en su caso, y de la unidad administrativa correspondiente, superficie en hectáreas, coordenadas geográficas o UTM, el nombre y número de la carta INEGI, si como el nombre y firma del interesado.

**Los datos que ampare el Título de concesión o asignación minera deberán ser tratados según el Procedimiento para generar Cartografía Minera para obtener cualquier tipo de coordenadas que se requiera así como para obtener las dimensiones reales de un lote minero.**

## **CAPÍTULO V**

### **Alcances**

Existe un cúmulo de consideraciones que se deben tener para proponer un cambio, tanto técnicas como administrativas y legales y llevarlo a cabo, por ello es importante señalar los alcances de esta propuesta como Tesis Académica.

La presente propuesta en sus dos partes:

1. Modificación al Artículo 12 de la Ley Minera.
2. Creación del procedimiento para dibujar un lote minero.  
(Que conlleva el referir a dicho procedimiento en el Manual de Servicios al Público en Materia Minera).

Tiene los siguientes alcances:

#### **➤ Alcances como propuesta**

- Servir como antesala a una modificación total posterior, que podría ser La Gradícula Minera.
- Proponer un procedimiento para dibujar cartografía minera.
- Proporcionar los motivos que amparan la modificación del Artículo 12 de la Ley Minera y redactar el Artículo modificado.
- Sugerir una forma de incluir el procedimiento para dibujar un lote minero en el Manual de Servicios al Público en Materia Minera.

#### **➤ Alcances para fines del trabajo de tesis**

- Evidenciar un error técnico existente en la definición de lote minero expuesta en el Artículo 12 de la Ley Minera.

- Sustentar la existencia de ese error así como su modificación en un análisis geodésico y cartográfico.
- Plantear la redacción final del Artículo 12 de la Ley minera.
- Proponer un procedimiento para dibujar un lote minero que sirva como complemento a lo existente en el Reglamento de la Ley Minera y en el Manual de Servicios al Público en Materia Minera así como sugerir hacer referencia al procedimiento en este último.
- Proporcionar un posible panorama general del proceso a seguir en caso de darle seguimiento a la propuesta.

Se plantean de igual manera los puntos que NO se contemplan en los alcances de esta tesis ni son motivo de la propuesta de la misma:

- Dar seguimiento a la propuesta
- Fincar responsabilidades a alguna de las partes involucradas en el proceso de delimitación de un lote minero y generación de cartografía minera de esta industria.
- Sustituir alguno de los documentos mencionados en esta tesis.
- Comprobar la factibilidad y viabilidad de la propuesta.
- Negar la legalidad y veracidad de lo contenido en los títulos de concesión o asignación minera, de los informes periciales o de las solicitudes de concesión o asignación minera así como proponer modificarlos ya sea parcial o totalmente.
- Analizar lo estipulado en alguno de los documentos mencionados en esta tesis que no correspondan a los capítulos y fracciones específicas que aquí se mencionan.
- Modificar leyes anteriores.
- Aplicar esta propuesta.

La presente propuesta es presentada con fines académicos en primera instancia y en segunda como antesala a un posible cambio de así considerarse por quien competa.

Únicamente pretende evidenciar un problema existente y proponer una corrección a dicho error, el seguimiento, análisis de factibilidad y aplicación de la misma queda a consideración posterior.

## **CAPÍTULO VI**

### **Seguimiento de la propuesta**

#### **➤ Proceso Técnico**

El seguimiento de la propuesta, en vista de que se debe a cuestiones técnicas propias de ingeniería, antes de comenzar el proceso formal de modificación de una Ley según lo estipula la Cámara de Diputados, procedería a pasar por los siguientes filtros:

- Comprobar su factibilidad y viabilidad para lo cual probablemente se requerirá de distintas pruebas en distintas zonas de la república.
- Previo análisis y revisión de un comité conformado por profesionistas en ingeniería topográfica y geodésica, Geomática y otros de incursión en el área minera que se considere pertinentes, para mejorarla.
- Aprobación de conformidad con la propuesta por parte de dicho comité.

Cabe mencionar que lo anteriormente mencionado no es obligatorio ni de trámite oficial. Una vez concluida la propuesta se presentará ante la Cámara de Diputados respetando la siguiente forma:

- Presentación de motivos.
- Redacción final del o los artículos o fracciones modificados (os).

Y quedara registrada como (por ejemplo):

“Proyecto de decreto que reforma y/o adiciona el Artículo 12 de la Ley Minera”

Una vez presentada la iniciativa de proyecto, se inicia el proceso legislativo.

➤ **Proceso Legislativo<sup>1</sup>**

Para crear una ley, reformar o adicionar las existentes se desarrolla un proceso que contempla las siguientes etapas:

1. Presentación de la iniciativa ante la Cámara de Diputados, Senadores o la Comisión Permanente por parte de los facultados constitucionalmente para ello:
  - Presidente de la República
  - Diputados y Senadores al Congreso de la Unión.
  - Asamblea Legislativa del Distrito Federal para materias relativas al Distrito Federal.
  
2. Turno de la iniciativa dictado por el presidente de la Mesa Directiva a Comisiones para su análisis y dictamen.

---

<sup>1</sup> Tomado del portal de la Cámara de Diputados.

3. Presentación al pleno de la Cámara correspondiente del dictamen con proyecto de ley o decreto sobre la iniciativa por parte de las comisiones correspondientes.
4. Discusión del dictamen con proyecto de ley o decreto por parte del pleno de la Cámara.
5. Votación del proyecto de ley o decreto. Si el proyecto de ley o decreto es aprobado por el pleno, se envía a ala otra cámara en que se turnara a la comisión correspondiente, en este caso a la Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales la minuta con el proyecto respectivo para su dictamen, discusión y eventual aprobación.

Si la mayoría del pleno vota en contra de un dictamen, los Diputados o Senadores decidirán, en votación económica:

- a) Si se regresa a la o las comisiones dictaminadoras para que lo reformulen y vuelvan a presentarlo al pleno.
- b) Si se desecha completamente.

Quien conoce la iniciativa de proyecto de ley o decreto en primera instancia es la Cámara de Origen, una vez que esta aprueba un proyecto de ley o decreto lo remite a la Cámara Revisora que es quien lo recibe en segunda instancia para su revisión. Esta Cámara lo recibe en calidad de minuta, es decir, debe contener exactamente lo que hubiera aprobado la primera, incluidas algunas modificaciones y adiciones que el pleno de la Cámara apruebe en la sesión en que definitivamente se vote dicho proyecto.

Una vez que la Cámara de Origen aprueba un proyecto de Ley o decreto y lo remite a la Cámara Revisora, se pueden presentar los siguientes casos de

conformidad con lo establecido en el Artículo 72 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

- **Caso 1:** La Cámara Revisora aprueba el proyecto en los términos enviados por la de origen y lo remite al Ejecutivo.
  
- **Caso 2:** La Cámara Revisora desecha en su totalidad el proyecto aprobado por la de origen regresándolo a esta con sus observaciones. Si la Cámara de Origen lo aprobara nuevamente por la mayoría absoluta de sus miembros presentes, lo remitirá otra vez a la Revisora, la que en esta segunda vez podrá:
  - a) Aprobar el proyecto en sus términos y remitirlo al Ejecutivo.
  
  - b) Desecharlo de una nueva cuenta con lo que no podrá presentarse en el mismo periodo de sesiones.
  
- **Caso 3:** La Cámara Revisora desecha en parte, modifica o adiciona el proyecto aprobado por la de Origen, devolviéndolo a esta, la cual discutirá únicamente sobre los cambios incorporados por la Revisora sin poder alterar lo aprobado. Si la Cámara de Origen aprobara dichos cambios por la mayoría absoluta de los votos presentes, remitirá todo el proyecto al Ejecutivo; pero si los rechazara por mayoría de votos, lo regresará a la Cámara Revisora la que en una segunda revisión podrá:

- a) Desechar por mayoría absoluta d votos presentes sus propios cambios, turnando el proyecto al Ejecutivo.
- b) Insistir por mayoría absoluta de votos en sus cambios y en tal caso, el proyecto en su totalidad no volverá a presentarse sino hasta el siguiente periodo de sesiones a no ser que ambas Cámaras acuerden por mayoría absoluta, que se expida la ley o decreto sólo con los artículos aprobados y que se reserven los adicionados o reformas para su examen y votación en las sesiones siguientes.

Aprobado un proyecto de ley o decreto por ambas Cámaras del Congreso de la Unión, se remitirá al Ejecutivo, el que de no tener observaciones, lo promulgará y publicará en el Diario Oficial de la Federación.

6. El proceso legislativo concluye cuando el proyecto de ley o decreto se publica en el Diario Oficial de la Federación y pasa a ser parte de la legislación vigente.

Una vez publicada y aprobada la reforma se puede dar a conocer a los gremios interesados por distintos medios, uno muy común es presentar tanto la propuesta como la reforma ya hecha en algún congreso.

---

## **RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

Con base en lo anteriormente analizado los resultados son los siguientes:

- 1) La definición de lote minero que establece el Artículo 12 de la Ley Minera es errónea ya que las dos condiciones que la conforman son imposibles de aplicar simultáneamente.
- 2) El procedimiento con el que se genera la cartografía minera deja entre ver en el resultado final traslapes o separaciones aparentes derivados de mantener al momento de definir un lote minero un error técnico por no considerar las particularidades de la proyección Universal Transversa de Mercator.

Con base en estos resultados se concluye:

- I. Se debe modificar el Artículo 12 de la Ley Minera manteniendo alguna de las dos condiciones que actualmente establece dicho Artículo.
- II. El procedimiento para generar cartografía minera verídica debe realizarse tomando en cuenta las transformaciones de coordenadas necesarias.
- III. Lo existente en campo técnicamente se sale del contexto del Artículo 12. De manera que si se requiriera meterlo a dicho contexto sin modificar lotes en terreno se deberá exceptuar la orientación astronómica con rumbos francos que se establece en dicho Artículo.

- 
- IV. Las dimensiones reales (topográficas) de los lotes mineros únicamente se pueden conocer aplicando los métodos de transformación expuestos anteriormente ya que lo especificado en un título de concesión refiere a un trazo cartográfico, por ello, las dimensiones no son proyecciones de mediciones reales ni se pueden obtener aplicando únicamente un factor de escala.
  - V. El único dato corroborado en campo que coincide con el dibujo es el Punto de Partida.
  - VI. Se debe especificar el sistema en el que se tomaron las coordenadas UTM del Punto de Partida, de lo contrario existirá incertidumbre al momento de querer obtener las coordenadas de los vértices del lote minero partiendo de estas y suponer un sistema.
  - VII. La viabilidad de esta propuesta requiere de pruebas de validación práctica, teóricamente se considera viable.
  - VIII. La aprobación y posterior aplicación de la propuesta conlleva un proceso legal – administrativo fuera de los alcances de esta tesis.

---

## **Glosario de términos**

- **Ley Minera:** Documento reglamentario del Artículo 27 constitucional en materia minera cuya aplicación corresponde al Ejecutivo Federal por conducto de la Secretaría de Economía.  
Se sujetan a su disposición la exploración, explotación y beneficio de los minerales o sustancias que en vetas, mantos masas o yacimientos constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos, así como de las salinas formadas de modo natural o artificial y de las sales y subproductos de estas.
  
- **Artículo 12 de la Ley Minera.-** Artículo de la Ley Minera donde se indica la definición de lote minero y la manera de delimitarlo; asimismo, hace referencia al Reglamento de la Ley Minera y al Manual de Servicios al Público en Materia Minera para fines legales y técnicos.
  
- **Manual de Servicios al Público en Materia Minera (MSPMM).-** Documento que tiene por objeto establecer los conductos y formularios para la recepción y trámite de los asuntos previstos en el Reglamento de la Ley Minera, precisar sus particularidades así como requisitos de los trabajos periciales.
  
- **Reglamento de la Ley Minera.-** Documento que regula el otorgamiento y administración de las concesiones mineras y la forma en que se ejercerán y cumplirán los derechos y obligaciones que de ellas deriven.
  
- **Cartografía.-** Ciencia que se encarga de reunir y analizar medidas de regiones de la tierra para representarlas gráficamente a diferentes dimensiones lineales.

- **Cartografía Minera.-** Representación gráfica de la ubicación y perímetro de los lotes amparados por concesiones, asignaciones y reservas mineras vigentes.
- **Carta topográfica.-** Representación impresa o digital de la forma de la superficie terrestre donde aparecen los elementos naturales del relieve y las construcciones o intervenciones humanas ubicados con exactitud por sus coordenadas geográficas, sobre la cual se dibujan lote mineros.
- **Proyección Cartográfica.-** Es un sistema de representación gráfico que establece una relación ordenada entre los puntos de una superficie curva de la tierra y los de una superficie plana (mapa).
- **UTM.** Proyección Universal Transversa de Mercator. Es un sistema de proyección cilíndrico donde dicho cilindro es transversal respecto del eje de la tierra; define husos de 6° de longitud entre cada meridiano a partir del meridiano de Greenwich. En esta proyección se encuentran las cartas topográficas escala 1:50 000.
- **Coordenadas:** Valores curvilíneos o cartesianos que definen la ubicación de un punto sobre el terreno, respecto a alguna superficie de referencia o sobre alguna proyección.
- **Marco de Referencia.-** Materialización de un sistema de referencia o sistema geodésico de referencia.
- **Geoide.-** Superficie equipotencial del campo gravitatorio terrestre.
- **Elipsoide de referencia.-** Modelo matemático que se asemeja a la forma de la tierra en determinada zona.

- **Punto de partida.**-Punto definido en el terreno a partir del cual se comienza a delimitar uno o más lotes mineros.
- **Punto de liga.**- Punto definido en el terreno a partir del cual se liga o se refiere el punto de partida de un lote minero.
- **Punto de control.**- Punto establecido en el terreno mediante una mojonera física con coordenadas geográficas que puede pertenecer a la Red Geodésica Nacional Activa, a la Subred Geodésica Minera o, de no ser así, estar ligado a alguna de éstas.
- **RGNA.**- Red Geodésica Nacional Activa.
- **RGNP.**- Red Geodésica Nacional Pasiva.
- **Subred geodésica minera.**- Conjunto de puntos de control y ligas a esos puntos establecidos para referir a ellos cualquier levantamiento de lote minero.
- **INEGI.**- Instituto Nacional de Geografía y Estadística. Es un organismo mexicano dedicado a la coordinación del Sistema Nacional de información estadística y geográfica del país.
- **SE –** Secretaría de Economía. Es la secretaria de estado encargada de administrar los impuestos locales y de exportación de los productos, así como de los precios de los mimos. Tiene a su cargo, dentro de otras unidades, la Dirección General de Regulación Minera.
- **DGRM.**- Dirección General de Regulación Minera.
- **SIG.**- Sistema de Información geográfica.
- **P.P.**- Punto de partida.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Medina Peralta** Manuel, “Astronomía de Posición”, México 1986.
- Medina Peralta** Manuel, “Geodesia Geométrica”, México 1974.
- Reglamento de la Ley Minera**, Diario Oficial de la Federación, 12 de octubre de 2012.
- Manual de Servicios al Público en Materia Minera**, Diario Oficial de la Federación, 28 de Julio de 1999.
- Manual de Servicios al Público en Materia Minera**, Diario Oficial de la Federación, 7 de abril de 1993.
- Ley Minera**, Diario Oficial de la Federación, 26 de junio de 1992.
- Secretaria de Energía, Minas e Industria e INEGI**, “Subred Geodésica Minera”, México 1994.
- DGG-INEGI** “Lectura e interpretación de la carta topográfica escala 1:50 000”, Capacitación, México 1997.
- DGG- INEGI** “Cartografía básica”, México 1987.
- SPP- INEGI**, E.J. Krakiwisky y D.E. Wells “Sistemas de coordenadas en geodesia”, México 1978.
- Bomford, G.** (1971). Geodesy, Third Edition, Oxford University, Press, London.
- Vanicek, P.** (1972) “Physical Geodesy II” Department of Surveying Engineering University of New Brunswick, Fredericton.
- Méndez Narez José Luis y Mendoza Mendoza José Luis**, (Junio de 2009) “La Gradícula Minera”, México, D.F.
- Martínez Baca** Eduardo (1901), “Reseña Histórica de la Legislación Minera en México”.
- Caire Lomelí** Jorge (2002), “Cartografía Básica”, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, primera edición.
- DGRM- SIAM** Cartografía minera [en línea] disponible en:  
<http://www.siam.economia.gob.mx/>
- Gabriel Ortiz.** (2015). Conversión Geográficas a UTM y UTM a Geográficas. 2016, de GabrielOrtiz.com Sitio web: file:///C:/Users/LCG\_11/Downloads/Geograficas-UTM\_Hoja\_A1.pdf

---

# **ANEXOS**

**ANEXO I**

**Fórmulas de Coticchia-Surace para resolver el problema directo e inverso de la geodesia.**

**Problema directo: Calcular las coordenadas UTM de un punto B partiendo de las cordenadas de un punto A, conocida la distancia "s" y acimut de la línea que va de A hacia B.**

Datos de entrada:

coordenadas UTM de A,  
 distancia "s"  
 acimut de la linea de un punto A hacia un punto B.

Coordenadas del P.P.	3010182	278764
Rumbo del P.P. hacia el vértice 01	82°21'48.5	1,43751 rad
Distancia proyectada del P.P a 01	139500,5	
Acimut de la linea del P.P. a 01	82°21'48.5	1,43751 rad

Coordenadas UTM			Lado	Azimut	Distancia	radianes
Vetice	X	Y				
1	3148445,77	297302,307	01 02	0	1748,204	0
2	3148445,77	299050,511	02 03	90	526,587	1,570796327
3	3148916,53	299050,511	03 04	0	20200	0
4	3148916,53	319250,511	04 05	270	2400	4,712388981
5	3148494,02	319250,511	05 06	0	6200	0
6	3148494,02	325450,511	06 07	270	6200	4,712388981
7	3147402,54	325450,511	07 08	0	14000	0
8	3147402,54	339450,511	08 09	270	2800	4,712388981
9	3146909,61	339450,511	09 10	0	8300	0
10	3146909,61	347750,511	10 11	270	3800	4,712388981
11	3146240,64	347750,511	11 12	0	4500	0
12	3146240,64	352250,511	12 13	270	4500	4,712388981
13	3145448,43	352250,511	13 14	0	3600	0
14	3145448,43	355850,511	14 15	270	181,445	4,712388981
15	3145416,49	355850,511	15 16	0	6625,171	0
16	3145416,49	362475,682	16 17	270	345,142	4,712388981
17	3145355,73	362475,682	17 18	0	10326,625	0
18	3145355,73	372802,307	18 19	270	54,858	4,712388981
19	3145346,07	372802,307	19 20	0	773,375	0
20	3145346,07	373575,682	20 21	270	3145,142	4,712388981
21	3144792,38	373575,682	21 22	0	10226,625	0
22	3144792,38	383802,307	22 23	270	54,858	4,712388981
23	3144782,72	383802,307	23 24	0	773,375	0
24	3144782,72	384575,682	24 25	270	3145,142	4,712388981

Coordenadas UTM

25	3144229,03	384575,682	25	26	0	5726,625	0
26	3144229,03	390302,307	26	27	270	154,858	4,712388981
27	3144201,77	390302,307	27	28	0	773,375	0
28	3144201,77	391075,682	28	29	270	1445,142	4,712388981
29	3143947,36	391075,682	29	30	0	9926,625	0
30	3143947,36	401002,307	30	31	270	154,858	4,712388981
31	3143920,1	401002,307	31	32	0	773,375	0
32	3143920,1	401775,682	32	33	270	1445,142	4,712388981
33	3143665,69	401775,682	33	34	0	2726,625	0
34	3143665,69	404502,307	34	35	270	54,858	4,712388981
35	3143656,03	404502,307	35	36	0	800	0
36	3143656,03	405302,307	36	37	90	10728,45	1,570796327
37	3153247,23	405302,307	37	38	180	1330,89	3,141592654
38	3152180,98	403971,417	38	39	90	200	1,570796327
39	3152359,78	403971,417	39	40	180	300	3,141592654
40	3152119,43	403671,417	40	41	90	100	1,570796327
41	3152208,83	403671,417	41	42	180	500	3,141592654
42	3151808,26	403171,417	42	43	90	100	1,570796327
43	3151897,66	403171,417	43	44	180	600	3,141592654
44	3151416,96	402571,417	44	45	90	200	1,570796327
45	3151595,76	402571,417	45	46	180	500	3,141592654
46	3151195,19	402071,417	46	47	90	200	1,570796327
47	3151373,99	402071,417	47	48	180	2000	3,141592654
48	3149771,68	400071,417	48	49	90	200	1,570796327
49	3149950,48	400071,417	49	50	180	1500	3,141592654
50	3148748,75	398571,417	50	51	90	1300	1,570796327
51	3149910,95	398571,417	51	52	0	2600	0
52	3149910,95	401171,417	52	53	270	300	4,712388981
53	3149858,13	401171,417	53	54	0	2800	0
54	3149858,13	403971,417	54	55	270	300	4,712388981
55	3149805,32	403971,417	55	56	0	100	0
56	3149805,32	404071,417	56	57	270	100	4,712388981
57	3149787,72	404071,417	57	58	0	100	0
58	3149787,72	404171,417	58	59	270	100	4,712388981
59	3149770,11	404171,417	59	60	0	1000	0
60	3149770,11	405171,417	60	61	270	400	4,712388981
61	3149699,69	405171,417	61	62	0	230,89	0
62	3149699,69	405402,307	62	63	90	1228,408	1,570796327
63	3150797,89	405402,307	63	64	180	10900	3,141592654
64	3142065,32	394502,307	64	65	90	8000	1,570796327
65	3149217,3	394502,307	65	66	180	16998,034	3,141592654
66	3135599,28	377504,273	66	67	270	349,308	4,712388981
67	3135537,78	377504,273	67	68	0	3500	0
68	3135537,78	381004,273	68	69	270	500	4,712388981
69	3135449,76	381004,273	69	70	0	4500	0
70	3135449,76	385504,273	70	71	270	1000	4,712388981
71	3135273,71	385504,273	71	72	180	10000	3,141592654

Coordenadas UTM

72	3127262,19	375504,273	72	73	90	1849,308	1,570796327
73	3128915,46	375504,273	73	74	180	2001,996	3,141592654
74	3127311,56	373502,277	74	75	90	5150,692	1,570796327
75	3131916,26	373502,277	75	76	180	498,034	3,141592654
76	3131517,26	373004,243	76	77	90	1000	1,570796327
77	3132411,25	373004,243	77	78	180	2000	3,141592654
78	3130808,95	371004,243	78	79	90	1000	1,570796327
79	3131702,94	371004,243	79	80	180	1000	3,141592654
80	3130901,79	370004,243	80	81	90	1000	1,570796327
81	3131795,79	370004,243	81	82	180	1000	3,141592654
82	3130994,64	369004,243	82	83	90	1949,308	1,570796327
83	3132737,31	369004,243	83	84	180	1801,996	3,141592654
84	3131293,64	367202,247	84	85	90	4747,977	1,570796327
85	3135538,31	367202,247	85	86	180	339,653	3,141592654
86	3135266,2	366862,594	86	87	270	200	4,712388981
87	3135230,99	366862,594	87	88	180	1200	3,141592654
88	3134269,61	365662,594	88	89	90	700	1,570796327
89	3134895,4	365662,594	89	90	180	3500,001	3,141592654
90	3132091,37	362162,593	90	91	270	200	4,712388981
91	3132056,16	362162,593	91	92	180	2800	3,141592654
92	3129812,93	359362,593	92	93	270	100	4,712388981
93	3129795,33	359362,593	93	94	180	400	3,141592654
94	3129474,87	358962,593	94	95	270	100	4,712388981
95	3129457,26	358962,593	95	96	180	3500	3,141592654
96	3126653,23	355462,593	96	97	270	100	4,712388981
97	3126635,62	355462,593	97	98	180	980,348	3,141592654
98	3125850,22	354482,245	98	99	270	147,977	4,712388981
99	3125824,16	354482,245	99	100	180	3239,654	3,141592654
100	3123228,71	351242,591	100	101	270	52,023	4,712388981
101	3123219,55	351242,591	101	102	180	400	3,141592654
102	3122899,09	350842,591	102	103	270	100	4,712388981
103	3122881,48	350842,591	103	104	180	1500	3,141592654
104	3121679,75	349342,591	104	105	270	100	4,712388981
105	3121662,15	349342,591	105	106	180	1000	3,141592654
106	3120861	348342,591	106	107	90	200	1,570796327
107	3121039,8	348342,591	107	108	180	2000	3,141592654
108	3119437,49	346342,591	108	109	270	200	4,712388981
109	3119402,28	346342,591	109	110	180	4000	3,141592654
110	3116197,67	342342,591	110	111	90	200	1,570796327
111	3116376,47	342342,591	111	112	180	1300	3,141592654
112	3115334,97	341042,591	112	113	90	52,023	1,570796327
113	3115381,48	341042,591	113	114	180	3400	3,141592654
114	3112657,56	337642,591	114	115	270	52,023	4,712388981
115	3112648,4	337642,591	115	116	180	1000	3,141592654
116	3111847,25	336642,591	116	117	90	52,023	1,570796327
117	3111893,76	336642,591	117	118	180	39160,346	3,141592654
118	3080520,34	297482,245	118	01	270	6800	4,712388981

## ANEXO II

### **CÁLCULO DE LAS COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LOS VÉRTICES DEL LOTE MINERO Fórmulas de Coticchia-Surace**

Parámetros previos:	Datum NAD 27,
Elipsoide:	Clarke 86
Semieje mayor:	6378206,4 m
Semieje menor:	6356583,8 m
Factor de achatamiento terrestre:	0,00339008
excentricidad (e):	0,08227185
segunda excentricidad (e'):	0,08255171
Radio polar de curvatura:	6399902,55 m

<b>Coordenadas UTM</b>			<b>Retranqueo de las abscisas</b>
Punto	X	y	X
1	3148445,77	297302,3065	2648445,77
2	3148445,77	299050,5105	2648445,77
3	3148916,53	299050,5105	2648916,53
4	3148916,53	319250,5105	2648916,53
5	3148494,02	319250,5105	2648494,02
6	3148494,02	325450,5105	2648494,02
7	3147402,54	325450,5105	2647402,54
8	3147402,54	339450,5105	2647402,54
9	3146909,61	339450,5105	2646909,61
10	3146909,61	347750,5105	2646909,61
11	3146240,64	347750,5105	2646240,64
12	3146240,64	352250,5105	2646240,64
13	3145448,43	352250,5105	2645448,43
14	3145448,43	355850,5105	2645448,43
15	3145416,49	355850,5105	2645416,49
16	3145416,49	362475,6815	2645416,49
17	3145355,73	362475,6815	2645355,73
18	3145355,73	372802,3065	2645355,73
19	3145346,07	372802,3065	2645346,07
20	3145346,07	373575,6815	2645346,07
21	3144792,38	373575,6815	2644792,38
22	3144792,38	383802,3065	2644792,38
23	3144782,72	383802,3065	2644782,72
24	3144782,72	384575,6815	2644782,72
25	3144229,03	384575,6815	2644229,03
26	3144229,03	390302,3065	2644229,03
27	3144201,77	390302,3065	2644201,77
28	3144201,77	391075,6815	2644201,77
29	3143947,36	391075,6815	2643947,36
30	3143947,36	401002,3065	2643947,36

Sistema Geodésico Geocéntrico

31	3143920,1	401002,3065	2643920,1
32	3143920,1	401775,6815	2643920,1
33	3143665,69	401775,6815	2643665,69
34	3143665,69	404502,3065	2643665,69
35	3143656,03	404502,3065	2643656,03
36	3143656,03	405302,3065	2643656,03
37	3153247,23	405302,3065	2653247,23
38	3152180,98	403971,4165	2652180,98
39	3152359,78	403971,4165	2652359,78
40	3152119,43	403671,4165	2652119,43
41	3152208,83	403671,4165	2652208,83
42	3151808,26	403171,4165	2651808,26
43	3151897,66	403171,4165	2651897,66
44	3151416,96	402571,4165	2651416,96
45	3151595,76	402571,4165	2651595,76
46	3151195,19	402071,4165	2651195,19
47	3151373,99	402071,4165	2651373,99
48	3149771,68	400071,4165	2649771,68
49	3149950,48	400071,4165	2649950,48
50	3148748,75	398571,4165	2648748,75
51	3149910,95	398571,4165	2649910,95
52	3149910,95	401171,4165	2649910,95
53	3149858,13	401171,4165	2649858,13
54	3149858,13	403971,4165	2649858,13
55	3149805,32	403971,4165	2649805,32
56	3149805,32	404071,4165	2649805,32
57	3149787,72	404071,4165	2649787,72
58	3149787,72	404171,4165	2649787,72
59	3149770,11	404171,4165	2649770,11
60	3149770,11	405171,4165	2649770,11
61	3149699,69	405171,4165	2649699,69
62	3149699,69	405402,3065	2649699,69
63	3150797,89	405402,3065	2650797,89
64	3142065,32	394502,3065	2642065,32
65	3149217,3	394502,3065	2649217,3
66	3135599,28	377504,2725	2635599,28
67	3135537,78	377504,2725	2635537,78
68	3135537,78	381004,2725	2635537,78
69	3135449,76	381004,2725	2635449,76
70	3135449,76	385504,2725	2635449,76
71	3135273,71	385504,2725	2635273,71
72	3127262,19	375504,2725	2627262,19
73	3128915,46	375504,2725	2628915,46
74	3127311,56	373502,2765	2627311,56
75	3131916,26	373502,2765	2631916,26
76	3131517,26	373004,2425	2631517,26
77	3132411,25	373004,2425	2632411,25

Sistema Geodésico Geocéntrico

78	3130808,95	371004,2425	2630808,95
79	3131702,94	371004,2425	2631702,94
80	3130901,79	370004,2425	2630901,79
81	3131795,79	370004,2425	2631795,79
82	3130994,64	369004,2425	2630994,64
83	3132737,31	369004,2425	2632737,31
84	3131293,64	367202,2465	2631293,64
85	3135538,31	367202,2465	2635538,31
86	3135266,2	366862,5935	2635266,2
87	3135230,99	366862,5935	2635230,99
88	3134269,61	365662,5935	2634269,61
89	3134895,4	365662,5935	2634895,4
90	3132091,37	362162,5925	2632091,37
91	3132056,16	362162,5925	2632056,16
92	3129812,93	359362,5925	2629812,93
93	3129795,33	359362,5925	2629795,33
94	3129474,87	358962,5925	2629474,87
95	3129457,26	358962,5925	2629457,26
96	3126653,23	355462,5925	2626653,23
97	3126635,62	355462,5925	2626635,62
98	3125850,22	354482,2445	2625850,22
99	3125824,16	354482,2445	2625824,16
100	3123228,71	351242,5905	2623228,71
101	3123219,55	351242,5905	2623219,55
102	3122899,09	350842,5905	2622899,09
103	3122881,48	350842,5905	2622881,48
104	3121679,75	349342,5905	2621679,75
105	3121662,15	349342,5905	2621662,15
106	3120861	348342,5905	2620861
107	3121039,8	348342,5905	2621039,8
108	3119437,49	346342,5905	2619437,49
109	3119402,28	346342,5905	2619402,28
110	3116197,67	342342,5905	2616197,67
111	3116376,47	342342,5905	2616376,47
112	3115334,97	341042,5905	2615334,97
113	3115381,48	341042,5905	2615381,48
114	3112657,56	337642,5905	2612657,56
115	3112648,4	337642,5905	2612648,4
116	3111847,25	336642,5905	2611847,25
117	3111893,76	336642,5905	2611893,76
118	3080520,34	297482,2445	2580520,34

**Cálculo del meridiano central del huso en el que caen las coordenadas UTM**

Zona UTM: 14 Meridiano Central: -99  
 $\lambda_0 = -1,7279$

**Cálculo de parámetros**

$\alpha$  0,005111089  
 $\beta$  4,35387E-05  
 $\gamma$  1,73079E-07

Punto	$\varphi' =$	$v =$	$a =$	$A_1$	$A_2$	$J_2$	$J_4$
1	0,046887688	6352740,81	0,41689813	0,09364	0,0934	0,09371	0,09364
2	0,047163398	6352741,36	0,41689809	0,09419	0,094	0,09426	0,09419
3	0,047163398	6352741,36	0,4169722	0,09419	0,094	0,09426	0,09419
4	0,05034915	6352748,03	0,41697176	0,10053	0,1003	0,10061	0,10053
5	0,05034915	6352748,03	0,41690525	0,10053	0,1003	0,10061	0,10053
6	0,051326954	6352750,17	0,41690511	0,10247	0,1022	0,10256	0,10247
7	0,051326954	6352750,17	0,4167333	0,10247	0,1022	0,10256	0,10247
8	0,053534901	6352755,13	0,41673297	0,10687	0,1066	0,10697	0,10687
9	0,053534901	6352755,13	0,41665538	0,10687	0,1066	0,10697	0,10687
10	0,054843898	6352758,18	0,41665518	0,10947	0,1091	0,10958	0,10947
11	0,054843898	6352758,18	0,41654988	0,10947	0,1091	0,10958	0,10947
12	0,055553595	6352759,86	0,41654977	0,11088	0,1105	0,11099	0,11088
13	0,055553595	6352759,86	0,41642506	0,11088	0,1105	0,11099	0,11088
14	0,056121353	6352761,22	0,41642497	0,11201	0,1117	0,11212	0,11201
15	0,056121353	6352761,22	0,41641995	0,11201	0,1117	0,11212	0,11201
16	0,057166212	6352763,76	0,41641978	0,11408	0,1137	0,11421	0,11408
17	0,057166212	6352763,76	0,41641022	0,11408	0,1137	0,11421	0,11408
18	0,058794829	6352767,81	0,41640995	0,11732	0,1169	0,11745	0,11732
19	0,058794829	6352767,81	0,41640843	0,11732	0,1169	0,11745	0,11732
20	0,058916798	6352768,12	0,41640841	0,11756	0,1172	0,1177	0,11756
21	0,058916798	6352768,12	0,41632125	0,11756	0,1172	0,1177	0,11756
22	0,060529644	6352772,25	0,41632098	0,12076	0,1203	0,12091	0,12076
23	0,060529644	6352772,25	0,41631946	0,12076	0,1203	0,12091	0,12076
24	0,060651613	6352772,57	0,41631944	0,12101	0,1206	0,12115	0,12101
25	0,060651613	6352772,57	0,41623228	0,12101	0,1206	0,12115	0,12101
26	0,061554762	6352774,93	0,41623213	0,1228	0,1223	0,12295	0,1228
27	0,061554762	6352774,93	0,41622784	0,1228	0,1223	0,12295	0,1228
28	0,061676731	6352775,26	0,41622782	0,12304	0,1226	0,1232	0,12304
29	0,061676731	6352775,26	0,41618777	0,12304	0,1226	0,1232	0,12304
30	0,063242264	6352779,45	0,41618749	0,12615	0,1256	0,12632	0,12615
31	0,063242264	6352779,45	0,4161832	0,12615	0,1256	0,12632	0,12615
32	0,063364233	6352779,78	0,41618318	0,12639	0,1259	0,12656	0,12639
33	0,063364233	6352779,78	0,41614313	0,12639	0,1259	0,12656	0,12639

Sistema Geodésico Geocéntrico

34	0,063794251	6352780,95	0,41614306	0,12724	0,1267	0,12742	0,12724
35	0,063794251	6352780,95	0,41614154	0,12724	0,1267	0,12742	0,12724
36	0,063920419	6352781,3	0,41614151	0,12749	0,127	0,12767	0,12749
37	0,063920419	6352781,3	0,41765128	0,12749	0,127	0,12767	0,12749
38	0,063710524	6352780,73	0,41748348	0,12708	0,1266	0,12725	0,12708
39	0,063710524	6352780,73	0,41751162	0,12708	0,1266	0,12725	0,12708
40	0,063663211	6352780,6	0,4174738	0,12698	0,1265	0,12715	0,12698
41	0,063663211	6352780,6	0,41748787	0,12698	0,1265	0,12715	0,12698
42	0,063584355	6352780,38	0,41742483	0,12683	0,1263	0,127	0,12683
43	0,063584355	6352780,38	0,4174389	0,12683	0,1263	0,127	0,12683
44	0,063489729	6352780,12	0,41736325	0,12664	0,1261	0,12681	0,12664
45	0,063489729	6352780,12	0,4173914	0,12664	0,1261	0,12681	0,12664
46	0,063410874	6352779,91	0,41732835	0,12648	0,126	0,12665	0,12648
47	0,063410874	6352779,91	0,4173565	0,12648	0,126	0,12665	0,12648
48	0,063095453	6352779,05	0,41710433	0,12586	0,1254	0,12602	0,12586
49	0,063095453	6352779,05	0,41713248	0,12586	0,1254	0,12602	0,12586
50	0,062858887	6352778,41	0,41694336	0,12539	0,1249	0,12555	0,12539
51	0,062858887	6352778,41	0,4171263	0,12539	0,1249	0,12555	0,12539
52	0,063268934	6352779,52	0,41712623	0,1262	0,1257	0,12637	0,1262
53	0,063268934	6352779,52	0,41711791	0,1262	0,1257	0,12637	0,1262
54	0,063710524	6352780,73	0,41711783	0,12708	0,1266	0,12725	0,12708
55	0,063710524	6352780,73	0,41710952	0,12708	0,1266	0,12725	0,12708
56	0,063726295	6352780,77	0,41710952	0,12711	0,1266	0,12728	0,12711
57	0,063726295	6352780,77	0,41710675	0,12711	0,1266	0,12728	0,12711
58	0,063742066	6352780,81	0,41710674	0,12714	0,1266	0,12731	0,12714
59	0,063742066	6352780,81	0,41710397	0,12714	0,1266	0,12731	0,12714
60	0,063899776	6352781,24	0,41710394	0,12745	0,1269	0,12763	0,12745
61	0,063899776	6352781,24	0,41709286	0,12745	0,1269	0,12763	0,12745
62	0,06393619	6352781,34	0,41709285	0,12752	0,127	0,1277	0,12752
63	0,06393619	6352781,34	0,41726572	0,12752	0,127	0,1277	0,12752
64	0,062217146	6352776,69	0,41589142	0,12411	0,1236	0,12427	0,12411
65	0,062217146	6352776,69	0,41701722	0,12411	0,1236	0,12427	0,12411
66	0,059536378	6352769,69	0,41487405	0,11879	0,1184	0,11893	0,11879
67	0,059536378	6352769,69	0,41486437	0,11879	0,1184	0,11893	0,11879
68	0,060088365	6352771,11	0,41486428	0,11989	0,1195	0,12003	0,11989
69	0,060088365	6352771,11	0,41485042	0,11989	0,1195	0,12003	0,11989
70	0,060798062	6352772,95	0,4148503	0,1213	0,1208	0,12145	0,1213
71	0,060798062	6352772,95	0,41482259	0,1213	0,1208	0,12145	0,1213
72	0,059220957	6352768,89	0,41356174	0,11817	0,1178	0,1183	0,11817
73	0,059220957	6352768,89	0,41382199	0,11817	0,1178	0,1183	0,11817
74	0,058905221	6352768,09	0,41356957	0,11754	0,1171	0,11767	0,11754
75	0,058905221	6352768,09	0,4142944	0,11754	0,1171	0,11767	0,11754
76	0,058826676	6352767,89	0,41423161	0,11738	0,117	0,11752	0,11738
77	0,058826676	6352767,89	0,41437233	0,11738	0,117	0,11752	0,11738
78	0,058511255	6352767,1	0,41412016	0,11676	0,1164	0,11689	0,11676
79	0,058511255	6352767,1	0,41426089	0,11676	0,1164	0,11689	0,11676
80	0,058353545	6352766,7	0,4141348	0,11644	0,116	0,11657	0,11644

Sistema Geodésico Geocéntrico

81	0,058353545	6352766,7	0,41427553	0,11644	0,116	0,11657	0,11644
82	0,058195834	6352766,31	0,41414944	0,11613	0,1157	0,11626	0,11613
83	0,058195834	6352766,31	0,41442376	0,11613	0,1157	0,11626	0,11613
84	0,057911641	6352765,6	0,41419656	0,11556	0,1152	0,11569	0,11556
85	0,057911641	6352765,6	0,41486472	0,11556	0,1152	0,11569	0,11556
86	0,057858074	6352765,47	0,41482189	0,11546	0,1151	0,11559	0,11546
87	0,057858074	6352765,47	0,41481635	0,11546	0,1151	0,11559	0,11546
88	0,057668821	6352765	0,41466505	0,11508	0,1147	0,11521	0,11508
89	0,057668821	6352765	0,41476356	0,11508	0,1147	0,11521	0,11508
90	0,057116834	6352763,64	0,41432226	0,11399	0,1136	0,11411	0,11399
91	0,057116834	6352763,64	0,41431671	0,11399	0,1136	0,11411	0,11399
92	0,056675245	6352762,56	0,41396367	0,11311	0,1127	0,11323	0,11311
93	0,056675245	6352762,56	0,4139609	0,11311	0,1127	0,11323	0,11311
94	0,056612161	6352762,41	0,41391047	0,11298	0,1126	0,1131	0,11298
95	0,056612161	6352762,41	0,4139077	0,11298	0,1126	0,1131	0,11298
96	0,056060174	6352761,07	0,4134664	0,11189	0,1115	0,112	0,11189
97	0,056060174	6352761,07	0,41346363	0,11189	0,1115	0,112	0,11189
98	0,055905563	6352760,7	0,41334002	0,11158	0,1112	0,11169	0,11158
99	0,055905563	6352760,7	0,41333592	0,11158	0,1112	0,11169	0,11158
100	0,055394636	6352759,48	0,41292744	0,11056	0,1102	0,11068	0,11056
101	0,055394636	6352759,48	0,412926	0,11056	0,1102	0,11068	0,11056
102	0,055331551	6352759,33	0,41287556	0,11044	0,1101	0,11055	0,11044
103	0,055331551	6352759,33	0,41287279	0,11044	0,1101	0,11055	0,11044
104	0,055094986	6352758,77	0,41268366	0,10997	0,1096	0,11008	0,10997
105	0,055094986	6352758,77	0,41268089	0,10997	0,1096	0,11008	0,10997
106	0,054937275	6352758,4	0,4125548	0,10965	0,1093	0,10976	0,10965
107	0,054937275	6352758,4	0,41258295	0,10965	0,1093	0,10976	0,10965
108	0,054621854	6352757,66	0,41233078	0,10903	0,1087	0,10914	0,10903
109	0,054621854	6352757,66	0,41232523	0,10903	0,1087	0,10914	0,10903
110	0,053991012	6352756,19	0,41182088	0,10777	0,1075	0,10788	0,10777
111	0,053991012	6352756,19	0,41184903	0,10777	0,1075	0,10788	0,10777
112	0,053785989	6352755,71	0,41168512	0,10736	0,1071	0,10747	0,10736
113	0,053785989	6352755,71	0,41169244	0,10736	0,1071	0,10747	0,10736
114	0,053249773	6352754,48	0,41126374	0,1063	0,106	0,1064	0,1063
115	0,053249773	6352754,48	0,4112623	0,1063	0,106	0,1064	0,1063
116	0,053092063	6352754,12	0,41113621	0,10598	0,1057	0,10608	0,10598
117	0,053092063	6352754,12	0,41114353	0,10598	0,1057	0,10608	0,10598
118	0,046916066	6352740,86	0,40620583	0,09369	0,0935	0,09376	0,09369

Sistema Geodésico Geocéntrico

$J_6$	$B_0$	b	$\zeta$	$\xi$	$\eta$	sen h $\xi$
0,18713915	296918,513	6,041E-05	0,00059092	0,41681601	0,04694807	0,42899059
0,1882347	298664,486	6,076E-05	0,0005909	0,41681598	0,04722413	0,42899055
0,1882347	298664,486	6,076E-05	0,00059111	0,41689004	0,04722413	0,42907114
0,20088708	318838,746	6,482E-05	0,00059093	0,41688963	0,05041393	0,42907069
0,20088708	318838,746	6,482E-05	0,00059074	0,41682316	0,05041393	0,42899836
0,20476808	325030,859	6,606E-05	0,00059068	0,41682303	0,05139297	0,42899822
0,20476808	325030,859	6,606E-05	0,00059019	0,41665132	0,05139297	0,42881138
0,21352729	339013,072	6,886E-05	0,00059006	0,41665101	0,05360372	0,42881105
0,21352729	339013,072	6,886E-05	0,00058984	0,41657346	0,05360372	0,42872667
0,21871733	347302,543	7,052E-05	0,00058975	0,41657327	0,05491437	0,42872647
0,21871733	347302,543	7,052E-05	0,00058945	0,41646803	0,05491437	0,42861196
0,22153027	351796,839	7,141E-05	0,00058941	0,41646793	0,05562497	0,42861185
0,22153027	351796,839	7,141E-05	0,00058905	0,4163433	0,05562497	0,42847626
0,22378015	355392,279	7,213E-05	0,00058902	0,41634321	0,05619344	0,42847617
0,22378015	355392,279	7,213E-05	0,000589	0,41633819	0,05619344	0,4284707
0,22791953	362009,063	7,345E-05	0,00058893	0,41633803	0,05723962	0,42847053
0,22791953	362009,063	7,345E-05	0,0005889	0,41632847	0,05723962	0,42846013
0,23436858	372322,632	7,551E-05	0,00058879	0,41632822	0,05887029	0,42845986
0,23436858	372322,632	7,551E-05	0,00058879	0,4163267	0,05887029	0,42845821
0,23485141	373095,03	7,566E-05	0,00058878	0,41632669	0,05899241	0,42845818
0,23485141	373095,03	7,566E-05	0,00058853	0,41623958	0,05899241	0,42836342
0,24123409	383308,747	7,769E-05	0,00058842	0,41623932	0,06060729	0,42836314
0,24123409	383308,747	7,769E-05	0,00058841	0,41623781	0,06060729	0,42836149
0,24171662	384081,147	7,785E-05	0,00058841	0,41623779	0,06072941	0,42836147
0,24171662	384081,147	7,785E-05	0,00058816	0,41615068	0,06072941	0,42826671
0,24528895	389800,553	7,898E-05	0,00058809	0,41615053	0,0616337	0,42826655
0,24528895	389800,553	7,898E-05	0,00058808	0,41614624	0,0616337	0,42826189
0,2457713	390572,954	7,914E-05	0,00058807	0,41614623	0,06175582	0,42826186
0,2457713	390572,954	7,914E-05	0,00058796	0,4161062	0,06175582	0,42821833
0,25196052	400487,083	8,11E-05	0,00058784	0,41610594	0,06332332	0,42821804
0,25196052	400487,083	8,11E-05	0,00058783	0,41610165	0,06332332	0,42821338
0,25244256	401259,485	8,126E-05	0,00058782	0,41610163	0,06344544	0,42821336
0,25244256	401259,485	8,126E-05	0,00058771	0,41606161	0,06344544	0,42816982

Sistema Geodésico Geocéntrico

0,25414188	403982,681	8,179E-05	0,00058768	0,41606154	0,063876	0,42816974
0,25414188	403982,681	8,179E-05	0,00058767	0,41606002	0,063876	0,42816809
0,25464041	404781,676	8,195E-05	0,00058766	0,41606	0,06400232	0,42816806
0,25464041	404781,676	8,195E-05	0,00059194	0,41756887	0,06400232	0,42980992
0,25381103	403452,459	8,169E-05	0,00059148	0,41740117	0,06379217	0,42962738
0,25381103	403452,459	8,169E-05	0,00059156	0,41742929	0,06379217	0,429658
0,25362407	403152,836	8,163E-05	0,00059145	0,41739149	0,06374479	0,42961685
0,25362407	403152,836	8,163E-05	0,00059149	0,41740556	0,06374479	0,42963216
0,25331246	402653,465	8,153E-05	0,00059132	0,41734255	0,06366584	0,42956359
0,25331246	402653,465	8,153E-05	0,00059136	0,41735661	0,06366584	0,4295789
0,25293852	402054,219	8,141E-05	0,00059115	0,41728101	0,06357109	0,42949661
0,25293852	402054,219	8,141E-05	0,00059123	0,41730914	0,06357109	0,42952722
0,25262688	401554,848	8,131E-05	0,00059106	0,41724613	0,06349214	0,42945865
0,25262688	401554,848	8,131E-05	0,00059114	0,41727426	0,06349214	0,42948927
0,25138026	399557,364	8,092E-05	0,00059045	0,41702224	0,06317632	0,429215
0,25138026	399557,364	8,092E-05	0,00059053	0,41705037	0,06317632	0,42924561
0,2504452	398059,251	8,062E-05	0,00059001	0,41686136	0,06293946	0,42903993
0,2504452	398059,251	8,062E-05	0,00059053	0,41704419	0,06293946	0,42923889
0,25206592	400655,98	8,114E-05	0,0005905	0,41704412	0,06335002	0,42923881
0,25206592	400655,98	8,114E-05	0,00059047	0,41703581	0,06335002	0,42922977
0,25381103	403452,459	8,169E-05	0,00059044	0,41703574	0,06379217	0,42922969
0,25381103	403452,459	8,169E-05	0,00059042	0,41702743	0,06379217	0,42922065
0,25387335	403552,333	8,171E-05	0,00059042	0,41702743	0,06380796	0,42922064
0,25387335	403552,333	8,171E-05	0,00059041	0,41702466	0,06380796	0,42921763
0,25393567	403652,207	8,173E-05	0,00059041	0,41702466	0,06382375	0,42921763
0,25393567	403652,207	8,173E-05	0,0005904	0,41702189	0,06382375	0,42921461
0,25455885	404650,95	8,193E-05	0,00059039	0,41702186	0,06398166	0,42921458
0,25455885	404650,95	8,193E-05	0,00059035	0,41701078	0,06398166	0,42920253
0,25470273	404881,55	8,197E-05	0,00059035	0,41701078	0,06401811	0,42920252
0,25470273	404881,55	8,197E-05	0,00059084	0,41718354	0,06401811	0,42939054
0,2479082	393995,263	7,981E-05	0,00058708	0,41581003	0,06229691	0,42789616
0,2479082	393995,263	7,981E-05	0,00059027	0,41693517	0,06229691	0,42912025
0,23730377	377018,66	7,644E-05	0,00058441	0,41479323	0,05961277	0,42679041
0,23730377	377018,66	7,644E-05	0,00058438	0,41478356	0,05961277	0,42677989
0,23948814	380514,243	7,714E-05	0,00058434	0,41478347	0,06016546	0,42677979
0,23948814	380514,243	7,714E-05	0,0005843	0,41476962	0,06016546	0,42676474
0,24229596	385008,567	7,803E-05	0,00058425	0,41476951	0,06087605	0,42676461
0,24229596	385008,567	7,803E-05	0,00058417	0,41474181	0,06087605	0,4267345
0,23605537	375021,185	7,604E-05	0,00058074	0,41348169	0,05929696	0,42536478
0,23605537	375021,185	7,604E-05	0,00058147	0,41374178	0,05929696	0,42564744
0,23480559	373021,718	7,565E-05	0,00058078	0,4134895	0,05898082	0,42537327
0,23480559	373021,718	7,565E-05	0,00058282	0,41421392	0,05898082	0,42616061
0,23449466	372524,313	7,555E-05	0,00058265	0,41415116	0,05890218	0,42609239
0,23449466	372524,313	7,555E-05	0,00058304	0,4142918	0,05890218	0,42624527
0,23324594	370526,84	7,515E-05	0,00058235	0,41403978	0,05858636	0,42597132
0,23324594	370526,84	7,515E-05	0,00058275	0,41418042	0,05858636	0,4261242
0,23262153	369528,104	7,495E-05	0,00058241	0,41405441	0,05842845	0,42598722

Sistema Geodésico Geocéntrico

0,23262153	369528,104	7,495E-05	0,0005828	0,41419505	0,05842845	0,4261401
0,23199709	368529,368	7,475E-05	0,00058246	0,41406904	0,05827054	0,42600313
0,23199709	368529,368	7,475E-05	0,00058323	0,41434319	0,05827054	0,42630114
0,23087176	366729,65	7,439E-05	0,00058261	0,41411612	0,05798599	0,4260543
0,23087176	366729,65	7,439E-05	0,00058449	0,41478389	0,05798599	0,42678025
0,23065963	366390,426	7,432E-05	0,00058437	0,41474109	0,05793235	0,42673372
0,23065963	366390,426	7,432E-05	0,00058436	0,41473555	0,05793235	0,42672769
0,22991017	365191,944	7,409E-05	0,00058394	0,41458433	0,05774286	0,42656329
0,22991017	365191,944	7,409E-05	0,00058422	0,41468279	0,05774286	0,42667033
0,22772394	361696,37	7,339E-05	0,00058302	0,41424174	0,05719018	0,42619085
0,22772394	361696,37	7,339E-05	0,000583	0,4142362	0,05719018	0,42618483
0,22597467	358899,914	7,283E-05	0,00058204	0,41388336	0,05674803	0,42580131
0,22597467	358899,914	7,283E-05	0,00058203	0,41388059	0,05674803	0,4257983
0,22572475	358500,42	7,275E-05	0,00058189	0,41383019	0,05668487	0,42574352
0,22572475	358500,42	7,275E-05	0,00058188	0,41382742	0,05668487	0,42574051
0,22353773	355004,852	7,205E-05	0,00058068	0,41338637	0,05613219	0,42526119
0,22353773	355004,852	7,205E-05	0,00058067	0,4133836	0,05613219	0,42525818
0,22292508	354025,746	7,186E-05	0,00058034	0,41326006	0,05597738	0,42512394
0,22292508	354025,746	7,186E-05	0,00058032	0,41325596	0,05597738	0,42511949
0,22090028	350790,196	7,121E-05	0,00057921	0,41284772	0,05546581	0,42467592
0,22090028	350790,196	7,121E-05	0,00057921	0,41284627	0,05546581	0,42467435
0,22065025	350390,703	7,113E-05	0,00057907	0,41279587	0,05540264	0,42461959
0,22065025	350390,703	7,113E-05	0,00057906	0,4127931	0,05540264	0,42461658
0,21971261	348892,604	7,083E-05	0,00057855	0,41260408	0,05516578	0,42441123
0,21971261	348892,604	7,083E-05	0,00057854	0,41260131	0,05516578	0,42440822
0,21908747	347893,872	7,063E-05	0,00057819	0,41247529	0,05500787	0,42427133
0,21908747	347893,872	7,063E-05	0,00057827	0,41250342	0,05500787	0,42430189
0,2178371	345896,408	7,023E-05	0,00057759	0,41225139	0,05469205	0,42402812
0,2178371	345896,408	7,023E-05	0,00057757	0,41224585	0,05469205	0,42402211
0,21533597	341901,482	6,944E-05	0,0005762	0,41174179	0,05406041	0,42347466
0,21533597	341901,482	6,944E-05	0,00057628	0,41176992	0,05406041	0,4235052
0,214523	340603,131	6,918E-05	0,00057583	0,4116061	0,05385513	0,4233273
0,214523	340603,131	6,918E-05	0,00057585	0,41161341	0,05385513	0,42333525
0,21239649	337207,447	6,85E-05	0,00057469	0,41118496	0,05331823	0,42287002
0,21239649	337207,447	6,85E-05	0,00057468	0,41118352	0,05331823	0,42286845
0,21177098	336208,717	6,83E-05	0,00057434	0,4110575	0,05316032	0,42273164
0,21177098	336208,717	6,83E-05	0,00057436	0,41106482	0,05316032	0,42273958
0,18725192	297098,221	6,045E-05	0,00056099	0,40612987	0,04697648	0,41738691

$\Delta\lambda$	$\tau$	Cálculo final de coordenadas		Coordenadas en grados decimales	
		$\varphi$	$\lambda$	$\varphi$	$\lambda$
0,40564544	0,04314307	0,0431176	-1,32223052	2,47045628	-75,7582283
0,40565012	0,04339672	0,04337111	-1,32222584	2,48498128	-75,7579599
0,40571824	0,04339546	0,04336983	-1,32215772	2,48490813	-75,7540573
0,40577438	0,04632628	0,04629892	-1,32210158	2,65273298	-75,7508407
0,40571324	0,04632749	0,04630015	-1,32216272	2,65280307	-75,7543436
0,40573121	0,04722706	0,04719919	-1,32214475	2,70431411	-75,7533142
0,40557325	0,04723026	0,04720241	-1,3223027	2,70449865	-75,7623642
0,40561509	0,04926165	0,0492326	-1,32226087	2,82082023	-75,7599672
0,40554375	0,04926316	0,04923412	-1,32233221	2,82090714	-75,7640549
0,40556938	0,0504675	0,05043775	-1,32230658	2,88987023	-75,7625862
0,40547255	0,05046959	0,05043986	-1,32240341	2,88999105	-75,7681341
0,4054867	0,05112257	0,05109245	-1,32238925	2,9273819	-75,7673231
0,40537203	0,05112508	0,05109498	-1,32250393	2,9275268	-75,7738936
0,40538348	0,05164748	0,05161708	-1,32249248	2,95744077	-75,7732374
0,40537886	0,05164759	0,05161718	-1,3224971	2,95744668	-75,7735023
0,40540024	0,05260897	0,05257801	-1,32247572	3,0124978	-75,7722771
0,40539144	0,05260917	0,0525782	-1,32248451	3,01250924	-75,7727811
0,40542556	0,05410767	0,05407582	-1,3224504	3,09831639	-75,7708263
0,40542417	0,0541077	0,05407585	-1,32245179	3,09831826	-75,7709064
0,40542676	0,05421992	0,05418801	-1,3224492	3,10474442	-75,7707578
0,4053466	0,05422178	0,05418989	-1,32252936	3,10485181	-75,7753508
0,4053814	0,0557058	0,05567303	-1,32249456	3,18982954	-75,7733567
0,40538	0,05570583	0,05567306	-1,32249596	3,18983146	-75,7734368
0,40538267	0,05581805	0,05578522	-1,32249329	3,19625773	-75,7732838
0,4053025	0,05581997	0,05578715	-1,32257346	3,19636828	-75,7778774
0,40532244	0,05665099	0,05661769	-1,32255352	3,24395443	-75,776735
0,40531849	0,05665109	0,05661778	-1,32255747	3,24395996	-75,7769612
0,4053212	0,05676332	0,05672994	-1,32255475	3,2503864	-75,7768056
0,40528436	0,05676421	0,05673085	-1,32259159	3,25043804	-75,7789164
0,40531969	0,05820472	0,05817051	-1,32255626	3,33292493	-75,7768921
0,40531575	0,05820482	0,05817061	-1,32256021	3,3329306	-75,7771183
0,40531854	0,05831705	0,05828278	-1,32255742	3,33935704	-75,7769585
0,40528169	0,05831797	0,0582837	-1,32259427	3,3394101	-75,7790695

Sistema Geodésico Geocéntrico

0,40529157	0,05871365	0,05867915	-1,32258439	3,36206755	-75,7785035
0,40529017	0,05871368	0,05867918	-1,32258579	3,36206958	-75,7785836
0,40529308	0,05882978	0,05879521	-1,32258288	3,36871733	-75,7784168
0,40668171	0,05879475	0,05875995	-1,32119425	3,36669686	-75,6988547
0,40652252	0,05860562	0,05857095	-1,32135344	3,35586836	-75,7079751
0,4065484	0,05860497	0,0585703	-1,32132756	3,35583078	-75,7064923
0,40651252	0,05856233	0,05852769	-1,32136344	3,3533897	-75,7085481
0,40652546	0,058562	0,05852736	-1,3213505	3,35337093	-75,7078066
0,40646566	0,05849094	0,05845635	-1,32141029	3,34930232	-75,7112329
0,40647861	0,05849062	0,05845603	-1,32139735	3,34928357	-75,7104914
0,40640685	0,05840534	0,05837081	-1,32146911	3,34440099	-75,7146028
0,40643273	0,05840469	0,05837016	-1,32144323	3,34436354	-75,7131199
0,40637293	0,05833362	0,05829914	-1,32150303	3,34029453	-75,7165459
0,40639882	0,05833297	0,05829848	-1,32147714	3,34025713	-75,715063
0,40615965	0,05804865	0,05801438	-1,32171631	3,32397906	-75,7287663
0,40618553	0,05804801	0,05801373	-1,32169043	3,32394186	-75,7272833
0,40600617	0,05783473	0,05780061	-1,32186979	3,31173113	-75,73756
0,40617442	0,05783056	0,05779641	-1,32170154	3,31149032	-75,7279202
0,40618378	0,05820772	0,05817335	-1,32169218	3,33308723	-75,7273839
0,40617613	0,05820791	0,05817354	-1,32169983	3,33309824	-75,727822
0,40618628	0,05861408	0,05857947	-1,32168968	3,35635642	-75,7272406
0,40617863	0,05861427	0,05857966	-1,32169733	3,35636751	-75,7276787
0,406179	0,05862878	0,05859416	-1,32169696	3,35719816	-75,7276578
0,40617645	0,05862884	0,05859423	-1,32169951	3,35720186	-75,7278038
0,40617681	0,05864335	0,05860872	-1,32169915	3,35803251	-75,727783
0,40617426	0,05864341	0,05860879	-1,3217017	3,35803621	-75,727929
0,4061779	0,05878847	0,05875376	-1,32169805	3,36634272	-75,7277203
0,40616771	0,05878873	0,05875402	-1,32170825	3,36635755	-75,7283044
0,40616855	0,05882222	0,0587875	-1,32170741	3,36827545	-75,7282561
0,40632753	0,05881821	0,05878346	-1,32154843	3,36804393	-75,7191473
0,4050239	0,05726815	0,05723454	-1,32285206	3,2792976	-75,7938397
0,40605948	0,05724275	0,05720897	-1,32181648	3,27783232	-75,7345056
0,40402843	0,05482307	0,05479105	-1,32384753	3,1392959	-75,8508764
0,40401952	0,05482328	0,05479126	-1,32385644	3,13930793	-75,8513868
0,40403142	0,05533146	0,05529915	-1,32384454	3,16840783	-75,8507051
0,40401866	0,05533176	0,05529945	-1,3238573	3,1684252	-75,8514357
0,40403412	0,05598514	0,05595245	-1,32384184	3,20583933	-75,8505499
0,40400862	0,05598575	0,05595306	-1,32386734	3,20587447	-75,8520113
0,40281358	0,05456075	0,05452909	-1,32506238	3,12428669	-75,9204821
0,4030532	0,05455519	0,05452349	-1,32482276	3,12396587	-75,9067528
0,40281403	0,05426975	0,05423826	-1,32506193	3,10762334	-75,9204562
0,40348135	0,05425434	0,05422274	-1,32439461	3,10673419	-75,8822217
0,40342187	0,05418334	0,0541518	-1,32445409	3,10266942	-75,8856297
0,40355141	0,05418035	0,05414879	-1,32432455	3,10249691	-75,8782076
0,40331257	0,05389523	0,05386387	-1,32456339	3,08617246	-75,891892
0,40344211	0,05389226	0,05386088	-1,32443385	3,08600091	-75,8844697
0,4033227	0,05374968	0,0537184	-1,32455325	3,07783787	-75,8913112

Sistema Geodésico Geocéntrico

0,40345225	0,05374672	0,05371542	-1,32442371	3,07766678	-75,883889
0,40333285	0,05360414	0,05357294	-1,32454311	3,06950336	-75,8907299
0,40358536	0,05359837	0,05356713	-1,3242906	3,06917071	-75,8762623
0,40337024	0,05334143	0,05331038	-1,32450572	3,05445981	-75,8885877
0,40398521	0,05332745	0,0532963	-1,32389075	3,05365318	-75,8533524
0,40394467	0,05327903	0,05324792	-1,32393128	3,05088085	-75,8556749
0,40393957	0,05327915	0,05324803	-1,32393638	3,05088754	-75,8559672
0,40379636	0,05310806	0,05307707	-1,3240796	3,04109203	-75,8641726
0,40388702	0,053106	0,053075	-1,32398894	3,04097357	-75,8589783
0,40346937	0,0526069	0,05257625	-1,32440659	3,01239733	-75,8829078
0,40346427	0,05260701	0,05257637	-1,32441169	3,01240393	-75,8832001
0,40313019	0,05220759	0,05217723	-1,32474577	2,98953516	-75,9023415
0,40312764	0,05220765	0,05217729	-1,32474832	2,98953843	-75,9024876
0,40307992	0,05215058	0,05212026	-1,32479604	2,9862709	-75,9052219
0,40307737	0,05215064	0,05212032	-1,32479859	2,98627416	-75,9053681
0,40265982	0,05165117	0,05162121	-1,32521614	2,95767726	-75,9292915
0,40265727	0,05165123	0,05162126	-1,32521869	2,95768049	-75,9294377
0,40254033	0,05151129	0,05148143	-1,32533563	2,94966859	-75,9361381
0,40253655	0,05151137	0,05148151	-1,32533941	2,94967336	-75,9363544
0,40215013	0,05104885	0,05101931	-1,32572583	2,92319123	-75,9584947
0,4021488	0,05104888	0,05101934	-1,32572715	2,92319289	-75,9585707
0,4021011	0,05099176	0,05096226	-1,32577486	2,9199225	-75,9613042
0,40209854	0,05099181	0,05096232	-1,32577741	2,91992569	-75,9614504
0,40191965	0,05077759	0,05074825	-1,32595631	2,90766048	-75,9717005
0,40191709	0,05077765	0,0507483	-1,32595887	2,90766365	-75,9718468
0,40179783	0,05063482	0,05060557	-1,32607813	2,89948575	-75,9786799
0,40182376	0,05063426	0,05060501	-1,3260522	2,89945363	-75,9771947
0,40158525	0,05034855	0,05031951	-1,32629071	2,88309541	-75,99086
0,40158015	0,05034866	0,05031962	-1,32629581	2,8831017	-75,9911524
0,40110319	0,04977707	0,04974842	-1,32677277	2,85037472	-76,0184799
0,40112912	0,04977652	0,04974787	-1,32674684	2,8503432	-76,0169944
0,40097413	0,0495907	0,04956219	-1,32690183	2,83970406	-76,0258748
0,40098087	0,04959056	0,04956204	-1,32689509	2,8396959	-76,0254884
0,40057554	0,04910446	0,04907628	-1,32730042	2,8118636	-76,048712
0,40057421	0,04910448	0,04907631	-1,32730175	2,8118652	-76,0487881
0,40045501	0,04896148	0,0489334	-1,32742095	2,80367731	-76,0556181
0,40046175	0,04896134	0,04893326	-1,3274142	2,80366926	-76,0552316
0,39579717	0,04334945	0,04332519	-1,33207878	2,48235037	-76,3224923

## Sistema Geodésico Geocéntrico

### Coordenadas en grados minutos y segundos

$\varphi$			$\lambda$		
°	'	"	°	'	"
2	28	13,6426	-76	14	30,3779747
2	29	5,9326	-76	14	31,3443336
2	29	5,6693	-76	14	45,3937635
2	39	9,8387	-76	14	56,9735251
2	39	10,0910	-76	14	44,3629301
2	42	15,5308	-76	14	48,0689491
2	42	16,1952	-76	14	15,48892
2	49	14,9528	-76	14	24,117922
2	49	15,2657	-76	14	9,40245974
2	53	23,5328	-76	14	14,6897477
2	53	23,9678	-76	13	54,7170625
2	55	38,5748	-76	13	57,636737
2	55	39,0965	-76	13	33,9831524
2	57	26,7868	-76	13	36,3455172
2	57	26,8080	-76	13	35,391733
3	0	44,9921	-76	13	39,8022623
3	0	45,0333	-76	13	37,9879089
3	5	53,9390	-76	13	45,0254251
3	5	53,9457	-76	13	44,7370265
3	6	17,0799	-76	13	45,2720672
3	6	17,4665	-76	13	28,7371029
3	11	23,3863	-76	13	35,9158209
3	11	23,3933	-76	13	35,6273916
3	11	46,5278	-76	13	36,1781943
3	11	46,9258	-76	13	19,641467
3	14	38,2360	-76	13	23,7540538
3	14	38,2558	-76	13	22,9397858
3	15	1,3910	-76	13	23,4998649
3	15	1,5770	-76	13	15,9009724
3	19	58,5297	-76	13	23,1882928
3	19	58,5502	-76	13	22,3739516
3	20	21,6853	-76	13	22,9494066
3	20	21,8764	-76	13	15,3498288

Sistema Geodésico Geocéntrico

3	21	43,4432	-76	13	17,3874142
3	21	43,4505	-76	13	17,0989243
3	22	7,3824	-76	13	17,6993855
3	22	0,1087	-76	18	4,12323004
3	21	21,1261	-76	17	31,289638
3	21	20,9908	-76	17	36,6278258
3	21	12,2029	-76	17	29,2270173
3	21	12,1353	-76	17	31,8961235
3	20	57,4884	-76	17	19,5616989
3	20	57,4209	-76	17	22,2308482
3	20	39,8435	-76	17	7,42993525
3	20	39,7088	-76	17	12,7683284
3	20	25,0603	-76	17	0,43462274
3	20	24,9257	-76	17	5,77307214
3	19	26,3246	-76	16	16,4411866
3	19	26,1907	-76	16	21,7800413
3	18	42,2321	-76	15	44,7840686
3	18	41,3652	-76	16	19,4874287
3	19	59,1140	-76	16	21,4178669
3	19	59,1537	-76	16	19,8408654
3	21	22,8831	-76	16	21,9338816
3	21	22,9230	-76	16	20,3568445
3	21	25,9134	-76	16	20,4318647
3	21	25,9267	-76	16	19,9061842
3	21	28,9170	-76	16	19,9812227
3	21	28,9304	-76	16	19,4555412
3	21	58,8338	-76	16	20,2069494
3	21	58,8872	-76	16	18,1042031
3	22	5,7916	-76	16	18,2779576
3	22	4,9582	-76	16	51,0698173
3	16	45,4713	-76	12	22,1770522
3	16	40,1964	-76	15	55,7798197
3	8	21,4653	-76	8	56,8450657
3	8	21,5085	-76	8	55,0075077
3	10	6,2682	-76	8	57,4617844
3	10	6,3307	-76	8	54,8314289
3	12	21,0216	-76	8	58,0202936
3	12	21,1481	-76	8	52,7593837
3	7	27,4321	-76	4	46,2644901
3	7	26,2771	-76	5	35,6897566
3	6	27,4440	-76	4	46,3575112
3	6	24,2431	-76	7	4,00186841
3	6	9,6099	-76	6	51,7331379
3	6	8,9889	-76	7	18,4525992
3	5	10,2208	-76	6	29,1886915
3	5	9,6033	-76	6	55,9089941
3	4	40,2163	-76	6	31,2796502

Sistema Geodésico Geocéntrico

3	4	39,6004	-76	6	57,999628
3	4	10,2121	-76	6	33,3724124
3	4	9,0145	-76	7	25,4558658
3	3	16,0553	-76	6	41,0842482
3	3	13,1514	-76	8	47,9314535
3	3	3,1711	-76	8	39,5702109
3	3	3,1951	-76	8	38,5181479
3	2	27,9313	-76	8	8,97856101
3	2	27,5048	-76	8	27,6782538
3	0	44,6304	-76	7	1,53183741
3	0	44,6541	-76	7	0,47959655
2	59	22,3266	-76	5	51,5707718
2	59	22,3383	-76	5	51,044586
2	59	10,5752	-76	5	41,2010685
2	59	10,5870	-76	5	40,6748728
2	57	27,6381	-76	4	14,5504999
2	57	27,6498	-76	4	14,0242229
2	56	58,8069	-76	3	49,9028965
2	56	58,8241	-76	3	49,1240931
2	55	23,4884	-76	2	29,4192159
2	55	23,4944	-76	2	29,1453795
2	55	11,7210	-76	2	19,3049034
2	55	11,7325	-76	2	18,7785181
2	54	27,5777	-76	1	41,8780429
2	54	27,5892	-76	1	41,3516224
2	53	58,1487	-76	1	16,7524608
2	53	58,0331	-76	1	22,0992064
2	52	59,1435	-76	0	32,9041761
2	52	59,1661	-76	0	31,8512066
2	51	1,3490	-77	58	53,4722315
2	51	1,2355	-77	58	58,8203361
2	50	22,9346	-77	58	26,8507019
2	50	22,9052	-77	58	28,2418937
2	48	42,7090	-77	57	4,63667693
2	48	42,7147	-77	57	4,36268272
2	48	13,2383	-77	56	39,7749528
2	48	13,2093	-77	56	41,1664098
2	28	56,4613	-77	40	39,0276063

## ANEXO III

### CÁLCULO DE LAS COORDENADAS CARTESIANAS EN EL SISTEMA GEODÉSICO GEOCÉNTRICO

$$\begin{aligned}
 X &= (N+h_i) \cos \varphi_i \cos \lambda_i & N &= \text{Normal mayor} \\
 Y &= (N+h_i) \cos \varphi_i \sin \lambda_i & a &= 6378206 \\
 Z &= \left( \frac{Nb^2}{a^2} + h_i \right) \operatorname{sen} \varphi_i & b &= 6356584 \\
 & & a^2 &= 4,07E+13 \\
 & & b^2 &= 4,04E+13 \\
 & & h &= \text{Cota del punto en metros}
 \end{aligned}$$

Pto.	$\varphi$	$\lambda$	h	N	X	Y	Z
1	0,0431	-1,3222	181	6378166	1567705	-6176571	273073
2	0,0434	-1,3222	183	6378166	1567717	-6176497	274677
3	0,0434	-1,3222	185	6378166	1568138	-6176392	274669
4	0,0463	-1,3221	188	6378160	1568278	-6175490	293207
5	0,0463	-1,3222	191	6378160	1567901	-6175589	293215
6	0,0472	-1,3221	194	6378158	1567947	-6175302	298904
7	0,0472	-1,3223	196	6378158	1566971	-6175550	298925
8	0,0492	-1,3223	204	6378154	1567077	-6174883	311772
9	0,0492	-1,3223	207	6378154	1566637	-6174998	311781
10	0,0504	-1,3223	211	6378151	1566702	-6174588	319397
11	0,0504	-1,3224	216	6378151	1566105	-6174744	319411
12	0,0511	-1,3224	220	6378150	1566141	-6174520	323540
13	0,0511	-1,3225	222	6378150	1565433	-6174700	323556
14	0,0516	-1,3225	222	6378149	1565462	-6174516	326859
15	0,0516	-1,3225	224	6378149	1565434	-6174525	326860
16	0,0526	-1,3225	226	6378146	1565487	-6174182	332939
17	0,0526	-1,3225	228	6378146	1565433	-6174197	332940
18	0,0541	-1,3225	220	6378143	1565516	-6173639	342414
19	0,0541	-1,3225	218	6378143	1565507	-6173640	342414
20	0,0542	-1,3224	210	6378143	1565511	-6173590	343123
21	0,0542	-1,3225	204	6378143	1565015	-6173709	343134
22	0,0557	-1,3225	204	6378139	1565101	-6173148	352516
23	0,0557	-1,3225	204	6378139	1565093	-6173150	352516
24	0,0558	-1,3225	204	6378139	1565099	-6173107	353226
25	0,0558	-1,3226	204	6378139	1564604	-6173232	353238
26	0,0566	-1,3226	203	6378137	1564653	-6172909	358491
27	0,0566	-1,3226	203	6378137	1564629	-6172915	358492
28	0,0567	-1,3226	203	6378137	1564636	-6172871	359201
29	0,0567	-1,3226	203	6378137	1564408	-6172929	359207
30	0,0582	-1,3226	203	6378133	1564496	-6172359	368312
31	0,0582	-1,3226	203	6378133	1564472	-6172365	368313
32	0,0583	-1,3226	202	6378133	1564478	-6172319	369022
33	0,0583	-1,3226	201	6378133	1564250	-6172375	369028
34	0,0587	-1,3226	201	6378132	1564275	-6172216	371529

35	0,0587	-1,3226	199	6378132	1564266	-6172216	371529
36	0,0588	-1,3226	198	6378131	1564273	-6172168	372262
37	0,0588	-1,3212	198	6378131	1572845	-6170003	372039
38	0,0586	-1,3214	198	6378132	1571881	-6170322	370844
39	0,0586	-1,3213	198	6378132	1572041	-6170282	370840
40	0,0585	-1,3214	198	6378132	1571823	-6170354	370571
41	0,0585	-1,3214	197	6378132	1571903	-6170333	370568
42	0,0585	-1,3214	197	6378132	1571540	-6170452	370119
43	0,0585	-1,3214	197	6378132	1571620	-6170432	370117
44	0,0584	-1,3215	197	6378132	1571185	-6170576	369578
45	0,0584	-1,3214	197	6378132	1571345	-6170535	369574
46	0,0583	-1,3215	196	6378133	1570982	-6170654	369125
47	0,0583	-1,3215	196	6378133	1571142	-6170614	369121
48	0,058	-1,3217	196	6378133	1569692	-6171092	367324
49	0,058	-1,3217	195	6378133	1569852	-6171051	367320
50	0,0578	-1,3219	195	6378134	1568765	-6171409	365972
51	0,0578	-1,3217	195	6378134	1569803	-6171147	365946
52	0,0582	-1,3217	194	6378133	1569826	-6170995	368329
53	0,0582	-1,3217	193	6378133	1569779	-6171006	368331
54	0,0586	-1,3217	193	6378132	1569804	-6170843	370898
55	0,0586	-1,3217	192	6378132	1569757	-6170854	370899
56	0,0586	-1,3217	192	6378132	1569757	-6170848	370991
57	0,0586	-1,3217	192	6378132	1569742	-6170852	370991
58	0,0586	-1,3217	190	6378132	1569742	-6170844	371083
59	0,0586	-1,3217	190	6378132	1569726	-6170848	371083
60	0,0588	-1,3217	189	6378131	1569735	-6170788	372000
61	0,0588	-1,3217	189	6378131	1569672	-6170804	372001
62	0,0588	-1,3217	188	6378131	1569674	-6170790	372213
63	0,0588	-1,3215	188	6378131	1570655	-6170541	372187
64	0,0572	-1,3229	167	6378135	1562746	-6173122	362390
65	0,0572	-1,3218	164	6378135	1569140	-6171507	362228
66	0,0548	-1,3238	162	6378141	1556814	-6175522	346935
67	0,0548	-1,3239	164	6378141	1556759	-6175538	346936
68	0,0553	-1,3238	165	6378140	1556789	-6175346	350149
69	0,0553	-1,3239	168	6378140	1556711	-6175369	350151
70	0,056	-1,3238	171	6378138	1556750	-6175122	354282
71	0,056	-1,3239	174	6378138	1556594	-6175164	354286
72	0,0545	-1,3251	174	6378142	1549336	-6177510	345278
73	0,0545	-1,3248	174	6378142	1550816	-6177140	345243
74	0,0542	-1,3251	174	6378143	1549363	-6177607	343439
75	0,0542	-1,3244	174	6378143	1553487	-6176577	343341
76	0,0542	-1,3245	174	6378143	1553125	-6176694	342892
77	0,0541	-1,3243	174	6378143	1553926	-6176493	342873
78	0,0539	-1,3246	174	6378143	1552474	-6176960	341070
79	0,0539	-1,3244	174	6378143	1553275	-6176760	341052
80	0,0537	-1,3246	174	6378144	1552549	-6176993	340150
81	0,0537	-1,3244	175	6378144	1553350	-6176794	340131

82	0,0536	-1,3245	175	6378144	1552624	-6177027	339230
83	0,0536	-1,3243	175	6378144	1554185	-6176637	339193
84	0,0533	-1,3245	175	6378145	1552877	-6177056	337569
85	0,0533	-1,3239	175	6378145	1556677	-6176105	337480
86	0,0532	-1,3239	175	6378145	1556431	-6176184	337174
87	0,0532	-1,3239	175	6378145	1556399	-6176192	337175
88	0,0531	-1,3241	175	6378145	1555529	-6176471	336093
89	0,0531	-1,324	175	6378145	1556089	-6176331	336080
90	0,0526	-1,3244	175	6378146	1553551	-6177144	332925
91	0,0526	-1,3244	175	6378146	1553519	-6177152	332926
92	0,0522	-1,3247	175	6378147	1551488	-6177801	330401
93	0,0522	-1,3247	175	6378147	1551472	-6177805	330401
94	0,0521	-1,3248	175	6378147	1551182	-6177897	330040
95	0,0521	-1,3248	176	6378147	1551166	-6177902	330041
96	0,0516	-1,3252	176	6378149	1548627	-6178711	326883
97	0,0516	-1,3252	176	6378149	1548611	-6178714	326883
98	0,0515	-1,3253	176	6378149	1547900	-6178940	325999
99	0,0515	-1,3253	176	6378149	1547877	-6178946	325999
100	0,051	-1,3257	176	6378150	1545526	-6179691	323075
101	0,051	-1,3257	176	6378150	1545518	-6179693	323075
102	0,051	-1,3258	176	6378150	1545227	-6179785	322714
103	0,051	-1,3258	176	6378150	1545212	-6179789	322714
104	0,0507	-1,326	176	6378150	1544123	-6180133	321360
105	0,0507	-1,326	176	6378150	1544107	-6180137	321360
106	0,0506	-1,3261	176	6378151	1543381	-6180366	320457
107	0,0506	-1,3261	176	6378151	1543542	-6180327	320454
108	0,0503	-1,3263	176	6378151	1542090	-6180784	318647
109	0,0503	-1,3263	176	6378151	1542058	-6180792	318648
110	0,0497	-1,3268	176	6378153	1539155	-6181705	315034
111	0,0497	-1,3267	176	6378153	1539315	-6181665	315031
112	0,0496	-1,3269	176	6378153	1538371	-6181961	313856
113	0,0496	-1,3269	177	6378153	1538413	-6181952	313855
114	0,0491	-1,3273	177	6378154	1535944	-6182724	310781
115	0,0491	-1,3273	177	6378154	1535936	-6182726	310781
116	0,0489	-1,3274	177	6378154	1535210	-6182953	309877
117	0,0489	-1,3274	170	6378154	1535250	-6182936	309876
118	0,0433	-1,3321	169	6378166	1506785	-6191642	274386

## ANEXO IV

### CÁLCULO DE COORDENADAS CARTESIANAS EN EL SISTEMA GEODÉSICO LOCAL

$\varphi$	$\lambda$	X	Y	Z	XGL	YGL	ZGL	p2=
0,0431176	-1,32223052	1567704,87	-6176570,53	273072,903	<b>1809417,23</b>	<b>5105280,17</b>	<b>3368147,06</b>	$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$
0,04337111	-1,32222584	1567716,99	-6176496,91	274677,492	<b>1810010,91</b>	<b>5105225,38</b>	<b>3367912,21</b>	$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$
0,04336983	-1,32215772	1568138,27	-6176392,39	274669,499	<b>1810008,49</b>	<b>5105227,27</b>	<b>3367914,45</b>	$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$
0,04629892	-1,32210158	1568278,24	-6175490,15	293207,07	<b>1816870,77</b>	<b>5104554,26</b>	<b>3365212,02</b>	$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$
0,04630015	-1,32216272	1567901,33	-6175588,57	293214,95	<b>1816874,5</b>	<b>5104556,37</b>	<b>3365212,48</b>	$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$
0,04719919	-1,32214475	1567946,63	-6175301,79	298904,346	<b>1818984,5</b>	<b>5104342,62</b>	<b>3364392,15</b>	$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$
0,04720241	-1,3223027	1566971,46	-6175550,37	298924,822	<b>1818992,63</b>	<b>5104343,44</b>	<b>3364390,26</b>	$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$
0,0492326	-1,32226087	1567077,2	-6174883,48	311771,709	<b>1823763,13</b>	<b>5103846,41</b>	<b>3362552,36</b>	$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$

0,04923412 -1,32233221 1566637,28 -6174997,7 311781,455 **1823767,56** **5103848,42** **3362552,57**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05043775 -1,32230658 1566701,85 -6174588,2 319397,302 **1826599,12** **5103543,15** **3361471,67**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05043986 -1,32240341 1566105,02 -6174744,05 319410,896 **1826605,51** **5103546,6** **3361472,41**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05109245 -1,32238925 1566141,12 -6174519,62 323540,007 **1828142,35** **5103379,43** **3360890,16**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05109498 -1,32250393 1565433,33 -6174700,31 323556,11 **1828148,88** **5103380,36** **3360888,96**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05161708 -1,32249248 1565461,75 -6174515,55 326859,281 **1829378,03** **5103242,48** **3360422,89**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05161718 -1,3224971 1565433,68 -6174524,7 326860,036 **1829378,85** **5103244,05** **3360423,86**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05257801 -1,32247572 1565487,23 -6174181,71 332938,778 **1831642,71** **5102988,24** **3359570,55**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

0,0525782 -1,32248451 1565433,4 -6174197,35 332940,146 **1831643,75** **5102989,78** **3359571,43**

$$p2= \begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05407582 -1,3224504 1565516,09 -6173639,3 342413,749 **1835172,43** **5102572,7** **3358244,19**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05407585 -1,32245179 1565506,96 -6173639,54 342413,847 **1835171,93** **5102571,09** **3358243,1**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05418801 -1,3224492 1565511,43 -6173589,97 343122,899 **1835434,22** **5102533,47** **3358140,24**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05418989 -1,32252936 1565014,9 -6173709 343134,431 **1835436,91** **5102528,15** **3358135,43**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05567303 -1,32249456 1565101,25 -6173147,65 352516,021 **1838937,89** **5102109,21** **3356836,37**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05567306 -1,32249596 1565092,61 -6173149,83 352516,233 **1838937,97** **5102109,2** **3356836,34**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05578522 -1,32249329 1565099,24 -6173106,76 353225,665 **1839202,88** **5102077,06** **3356738,52**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05578715 -1,32257346 1564604,15 -6173231,55 353237,869 **1839207,44** **5102076,51** **3356736,84**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05661769 -1,32255352 1564653,38 -6172908,97 358490,973 **1841169,47** **5101835,69** **3356013,83**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05661778 -1,32255747 1564629 -6172915,12 358491,583 **1841169,7** **5101835,66** **3356013,74**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05672994 -1,32255475 1564635,74 -6172871,32 359200,995 **1841434,8** **5101802,97** **3355916,42**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05673085 -1,32259159 1564408,25 -6172928,64 359206,696 **1841436,93** **5101802,71** **3355915,64**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05817051 -1,32255626 1564495,91 -6172358,8 368311,978 **1844841,54** **5101377,42** **3354671,72**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05817061 -1,32256021 1564471,53 -6172364,94 368312,604 **1844841,77** **5101377,39** **3354671,63**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05828278 -1,32255742 1564478,21 -6172318,97 369021,893 **1845106,88** **5101343,01** **3354574,61**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,0582837 -1,32259427 1564250,46 -6172375,31 369027,691 **1845108,78** **5101341,94** **3354573,28**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

0,05867915 -1,32258439 1564274,97 -6172215,98 371528,572 **1846044,65** **5101223,03** **3354233,53**

$$p2= \begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05867918 -1,32258579 1564265,85 -6172216,22 371528,679 **1846044,16** **5101221,42** **3354232,44**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05879521 -1,32258288 1564272,83 -6172168,3 372262,373 **1846318,5** **5101185,58** **3354132,37**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05875995 -1,32119425 1572845,41 -6170003,06 372039,361 **1846235,03** **5101196,23** **3354162,62**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05857095 -1,32135344 1571880,8 -6170322,3 370844,149 **1845787,7** **5101253,24** **3354324,83**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,0585703 -1,32132756 1572040,55 -6170281,86 370840,001 **1845786,15** **5101253,44** **3354325,4**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05852769 -1,32136344 1571823,11 -6170353,77 370570,562 **1845685,31** **5101266,27** **3354361,99**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05852736 -1,3213505 1571902,74 -6170332,58 370568,431 **1845684,25** **5101265,56** **3354361,74**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05845635 -1,32141029 1571540,34 -6170452,4 370119,347 **1845516,19** **5101286,92** **3354422,75**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05845603 -1,32139735 1571620,22 -6170432,19 370117,278 **1845515,42** **5101287,02** **3354423,03**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05837081 -1,32146911 1571185,33 -6170575,91 369578,346 **1845313,75** **5101312,61** **3354496,28**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05837016 -1,32144323 1571345,09 -6170535,48 369574,214 **1845312,2** **5101312,81** **3354496,84**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05829914 -1,32150303 1570982,43 -6170654,22 369125,022 **1845143,86** **5101333,31** **3354557,38**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05829848 -1,32147714 1571142,2 -6170613,8 369120,895 **1845142,32** **5101333,51** **3354557,94**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05801438 -1,32171631 1569692,48 -6171092,16 367324,123 **1844470,1** **5101418,46** **3354802,47**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05801373 -1,32169043 1569852,02 -6171050,79 367319,959 **1844468,28** **5101417,86** **3354802,51**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05780061 -1,32186979 1568764,66 -6171409,03 365972,121 **1843964,12** **5101481,31** **3354986,19**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

0,05779641 -1,32170154 1569803,34 -6171146,51 365945,539 **1843954,18** **5101482,56** **3354989,81**

$$p2= \begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05817335 -1,32169218 1569826,27 -6170994,91 368329,369 **1844845,63** **5101369,38** **3354664,55**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05817354 -1,32169983 1569778,82 -6171005,87 368330,527 **1844845,8** **5101368,52** **3354663,86**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05857947 -1,32168968 1569803,95 -6170842,55 370897,727 **1845806,41** **5101246,68** **3354314,89**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05857966 -1,32169733 1569756,5 -6170853,52 370898,893 **1845806,58** **5101245,82** **3354314,2**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05859416 -1,32169696 1569757,4 -6170847,66 370990,577 **1845840,89** **5101241,45** **3354301,75**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05859423 -1,32169951 1569741,67 -6170851,64 370990,986 **1845841,04** **5101241,43** **3354301,69**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05860872 -1,32169915 1569742,08 -6170843,85 371082,553 **1845874,78** **5101235,46** **3354288,2**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05860879 -1,3217017 1569726,35 -6170847,83 371082,962 **1845874,93** **5101235,45** **3354288,14**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05875376 -1,32169805 1569735,12 -6170788,22 371999,745 **1846217,79** 5101190,9 3354163,19

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05875402 -1,32170825 1569672,19 -6170804,13 372001,382 **1846218,4** 5101190,82 3354162,97

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,0587875 -1,32170741 1569674,03 -6170789,61 372213,012 **1846297,35** 5101179,91 3354133,73

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05878346 -1,32154843 1570655,41 -6170541,46 372187,459 **1846287,79** 5101181,13 3354137,2

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05723454 -1,32285206 1562746,36 -6173122,48 362390,374 **1842617,28** 5101626,33 3355460,39

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05720897 -1,32181648 1569139,83 -6171507,02 362228,458 **1842555,94** 5101631,46 3355480,93

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05479105 -1,32384753 1556813,89 -6175522,05 346934,872 **1836843,4** 5102326,1 3357585,53

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05479126 -1,32385644 1556759,35 -6175537,79 346936,309 **1836844,47** 5102327,64 3357586,4

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

0,05529915 -1,32384454 1556789,21 -6175346,24 350148,97 **1838045,31** **5102184,69** **3357142,35**

$$p2= \begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05529945 -1,3238573 1556711,17 -6175368,89 350151,053 **1838045,31** **5102187** **3357143,66**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05595245 -1,32384184 1556750,38 -6175121,66 354281,577 **1839588,38** **5102002,62** **3356575,42**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05595306 -1,32386734 1556593,56 -6175164,06 354285,625 **1839590,69** **5102004,85** **3356576,47**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05452909 -1,32506238 1549335,69 -6177509,56 345278,486 **1836228,62** **5102409,33** **3357821,63**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05452349 -1,32482276 1550816,38 -6177140,03 345243,067 **1836215,41** **5102410,9** **3357826,54**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05423826 -1,32506193 1549363,18 -6177607,32 343438,795 **1835542,39** **5102490,66** **3358077,11**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05422274 -1,32439461 1553486,58 -6176577,27 343340,629 **1835505,78** **5102494,99** **3358090,75**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,0541518 -1,32445409 1553125,21 -6176693,59 342891,86 **1835338,41** **5102514,76** **3358153,14**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05414879 -1,32432455 1553925,58 -6176493,36 342872,814 **1835331,31** 5102515,6 3358155,79

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05386387 -1,32456339 1552474,43 -6176960,11 341070,5 **1834659,22** 5102594,72 3358406,58

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05386088 -1,32443385 1553274,85 -6176759,94 341051,56 **1834652,16** 5102595,55 3358409,21

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,0537184 -1,32455325 1552549,29 -6176993,08 340150,302 **1834316,13** 5102634,96 3358534,77

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05371542 -1,32442371 1553349,95 -6176793,87 340131,466 **1834309,38** 5102636,58 3358537,92

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05357294 -1,32454311 1552624,41 -6177026,87 339230,16 **1833973,38** 5102675,89 3358663,58

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05356713 -1,3242906 1554184,59 -6176636,56 339193,433 **1833959,69** 5102677,49 3358668,7

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05331038 -1,32450572 1552877,31 -6177056,16 337569,214 **1833354,28** 5102748,04 3358895,39

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

0,0532963 -1,32389075 1556676,92 -6176104,69 337480,154 **1833321,09** **5102751,9** **3358907,83**

$$p2= \begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05324792 -1,32393128 1556430,6 -6176183,83 337174,061 **1833207,02** **5102765,16** **3358950,58**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05324803 -1,32393638 1556399,09 -6176191,73 337174,799 **1833207,29** **5102765,12** **3358950,48**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05307707 -1,3240796 1555528,82 -6176471,13 336093,268 **1832804,26** **5102811,86** **3359101,65**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,053075 -1,32398894 1556088,93 -6176330,77 336080,189 **1832799,38** **5102812,43** **3359103,47**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05257625 -1,32440659 1553550,5 -6177144,13 332925,004 **1831623,91** **5102947,91** **3359545,25**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05257637 -1,32441169 1553518,98 -6177152,02 332925,732 **1831624,19** **5102947,88** **3359545,15**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05217723 -1,32474577 1551487,92 -6177800,82 330400,665 **1830683,81** **5103055,38** **3359899,53**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05217729 -1,32474832 1551472,16 -6177804,76 330401,026 **1830683,94** **5103055,37** **3359899,48**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05212026 -1,32479604 1551181,98 -6177897,3 330040,236 **1830549,6** **5103070,66** **3359950,18**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05212032 -1,32479859 1551166,46 -6177902,21 330040,649 **1830550,02** **5103071,45** **3359950,65**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05162121 -1,32521614 1548627,19 -6178710,54 326883,02 **1829374,54** **5103204,58** **3360394,99**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05162126 -1,32521869 1548611,42 -6178714,48 326883,377 **1829374,67** **5103204,56** **3360394,94**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05148143 -1,32533563 1547900,09 -6178940,42 325998,7 **1829045,42** **5103241,63** **3360519,63**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05148151 -1,32533941 1547876,75 -6178946,24 325999,226 **1829045,62** **5103241,61** **3360519,56**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05101931 -1,32572583 1545525,86 -6179691,41 323075,013 **1827957,57** **5103363,43** **3360932,38**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05101934 -1,32572715 1545517,65 -6179693,45 323075,196 **1827957,64** **5103363,42** **3360932,35**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

0,05096226 -1,32577486 1545227,36 -6179785,31 322714,068 **1827823,3** **5103378,39** **3360983,4**

$$p2= \begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05096232 -1,32577741 1545211,59 -6179789,23 322714,42 **1827823,43** **5103378,37** **3360983,35**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05074825 -1,32595631 1544122,95 -6180133,36 321360,042 **1827319,65** **5103434,36** **3361174,94**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,0507483 -1,32595887 1544107,17 -6180137,29 321360,392 **1827319,78** **5103434,34** **3361174,9**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05060557 -1,32607813 1543381,36 -6180366,44 320457,344 **1826983,93** **5103471,54** **3361302,76**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05060501 -1,3260522 1543541,61 -6180326,61 320453,797 **1826982,61** **5103471,68** **3361303,26**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05031951 -1,32629071 1542089,92 -6180784,3 318647,413 **1826310,91** **5103545,77** **3361559,32**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,05031962 -1,32629581 1542058,36 -6180792,14 318648,107 **1826311,17** **5103545,75** **3361559,22**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,04974842 -1,32677277 1539154,55 -6181704,94 315034,097 **1824967,78** **5103692,72** **3362072,64**

$$p2= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,04974787 -1,32674684 1539314,87 -6181665,2 315030,616 **1824966,49** **5103692,86** **3362073,14**

$$p2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,04956219 -1,32690183 1538371,03 -6181961,15 313855,723 **1824529,9** **5103740,28** **3362240,37**

$$p2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,04956204 -1,32689509 1538412,98 -6181951,78 313854,871 **1824529,85** **5103741,11** **3362241,03**

$$p2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,04907628 -1,32730042 1535944,2 -6182724,09 310781,265 **1823388** **5103864,32** **3362679,29**

$$p2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,04907631 -1,32730175 1535935,99 -6182726,12 310781,44 **1823388,06** **5103864,31** **3362679,26**

$$p2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,0489334 -1,32742095 1535209,8 -6182952,8 309877,213 **1823052,23** **5103900,32** **3362808,4**

$$p2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,04893326 -1,3274142 1535249,84 -6182935,7 309875,981 **1823049,89** **5103894,76** **3362804,84**

$$p2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

0,04332519 -1,33207878 1506784,88 -6191642,32 274386,264 **1809899,49** **5105224,41** **3367947,53**

$$p2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

R2	$\begin{vmatrix} -0,409122 & 0 & 0,9124796 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,91248 & 0 & -0,4091221 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6293006 & 0,777162 & 0 \\ -0,777162 & 0,629301 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1567704,875 \\ -6176570,53 \\ 273072,9031 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40912 & 0 & 0,9124796 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91248 & 0 & -0,409122 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,408891 & 0 & 0,9125833 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,912583 & 0 & -0,4088908 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,629297 & 0,777165 & 0 \\ -0,777165 & 0,629297 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1567716,989 \\ -6176496,91 \\ 274677,4918 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40889 & 0 & 0,9125833 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91258 & 0 & -0,408891 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,408892 & 0 & 0,9125828 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,912583 & 0 & -0,408892 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,629244 & 0,777208 & 0 \\ -0,777208 & 0,629244 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1568138,268 \\ -6176392,39 \\ 274669,4987 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40889 & 0 & 0,9125828 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91258 & 0 & -0,408892 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,406217 & 0 & 0,9137766 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,913777 & 0 & -0,4062172 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6292004 & 0,777243 & 0 \\ -0,777243 & 0,6292 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1568278,241 \\ -6175490,15 \\ 293207,0698 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40622 & 0 & 0,9137766 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91378 & 0 & -0,406217 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,406216 & 0 & 0,9137771 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,913777 & 0 & -0,406216 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6292479 & 0,777205 & 0 \\ -0,777205 & 0,629248 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1567901,33 \\ -6175588,57 \\ 293214,9498 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40622 & 0 & 0,9137771 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91378 & 0 & -0,406216 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,405394 & 0 & 0,9141419 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,914142 & 0 & -0,4053944 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6292339 & 0,777216 & 0 \\ -0,777216 & 0,629234 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1567946,628 \\ -6175301,79 \\ 298904,3457 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40539 & 0 & 0,9141419 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91414 & 0 & -0,405394 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,405391 & 0 & 0,9141432 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,914143 & 0 & -0,4053914 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6293567 & 0,777117 & 0 \\ -0,777117 & 0,629357 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1566971,455 \\ -6175550,37 \\ 298924,8216 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40539 & 0 & 0,9141432 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91414 & 0 & -0,405391 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,403535 & 0 & 0,9149643 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,914964 & 0 & -0,4035347 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6293242 & 0,777143 & 0 \\ -0,777143 & 0,629324 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1567077,198 \\ -6174883,48 \\ 311771,7092 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40353 & 0 & 0,9149643 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91496 & 0 & -0,403535 \end{vmatrix}$

R2	$\begin{vmatrix} -0,403533 & 0 & 0,914965 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,914965 & 0 & -0,403533 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6293796 & 0,777098 & 0 \\ -0,777098 & 0,62938 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1566637,281 \\ -6174997,7 \\ 311781,4549 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40353 & 0 & 0,914965 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91496 & 0 & -0,403533 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,402432 & 0 & 0,91545 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,91545 & 0 & -0,4024317 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6293597 & 0,777114 & 0 \\ -0,777114 & 0,62936 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1566701,852 \\ -6174588,2 \\ 319397,302 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40243 & 0 & 0,91545 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91545 & 0 & -0,402432 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,40243 & 0 & 0,9154508 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,915451 & 0 & -0,4024298 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,629435 & 0,777053 & 0 \\ -0,777053 & 0,629435 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1566105,018 \\ -6174744,05 \\ 319410,896 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40243 & 0 & 0,9154508 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91545 & 0 & -0,40243 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,401832 & 0 & 0,9157133 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,915713 & 0 & -0,4018323 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,629424 & 0,777062 & 0 \\ -0,777062 & 0,629424 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1566141,119 \\ -6174519,62 \\ 323540,0072 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40183 & 0 & 0,9157133 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91571 & 0 & -0,401832 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,40183 & 0 & 0,9157143 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,915714 & 0 & -0,40183 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6295131 & 0,77699 & 0 \\ -0,77699 & 0,629513 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1565433,328 \\ -6174700,31 \\ 323556,11 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40183 & 0 & 0,9157143 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91571 & 0 & -0,40183 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,401352 & 0 & 0,915924 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,915924 & 0 & -0,4013518 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6295042 & 0,776997 & 0 \\ -0,776997 & 0,629504 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1565461,749 \\ -6174515,55 \\ 326859,2809 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40135 & 0 & 0,915924 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91592 & 0 & -0,401352 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,401352 & 0 & 0,915924 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,915924 & 0 & -0,4013517 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6295078 & 0,776994 & 0 \\ -0,776994 & 0,629508 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1565433,68 \\ -6174524,7 \\ 326860,0358 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40135 & 0 & 0,915924 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91592 & 0 & -0,401352 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,400472 & 0 & 0,9163092 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916309 & 0 & -0,4004715 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6294911 & 0,777008 & 0 \\ -0,777008 & 0,629491 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1565487,231 \\ -6174181,71 \\ 332938,7782 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40047 & 0 & 0,9163092 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91631 & 0 & -0,400472 \end{vmatrix}$
	$\begin{vmatrix} -0,400471 & 0 & 0,9163093 \end{vmatrix}$		$\begin{vmatrix} 0,629498 & 0,777002 & 0 \end{vmatrix}$		$\begin{vmatrix} 1565433,395 \end{vmatrix}$		$\begin{vmatrix} -0,40047 & 0 & 0,9163093 \end{vmatrix}$

R2	$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -0,916309 & 0 & -0,4004713 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} -0,777002 & 0,629498 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} -6174197,35 \\ 332940,1459 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -0,91631 & 0 & -0,400471 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,399099 & 0 & 0,916908 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916908 & 0 & -0,3990986 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6294715 & 0,777024 & 0 \\ -0,777024 & 0,629471 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1565516,086 \\ -6173639,3 \\ 342413,7488 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,3991 & 0 & 0,916908 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91691 & 0 & -0,399099 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,399099 & 0 & 0,916908 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916908 & 0 & -0,3990986 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6294725 & 0,777023 & 0 \\ -0,777023 & 0,629473 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1565506,96 \\ -6173639,54 \\ 342413,8471 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,3991 & 0 & 0,916908 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91691 & 0 & -0,399099 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,398996 & 0 & 0,9169528 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916953 & 0 & -0,3989957 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6294705 & 0,777024 & 0 \\ -0,777024 & 0,629471 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1565511,432 \\ -6173589,97 \\ 343122,899 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,399 & 0 & 0,9169528 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91695 & 0 & -0,398996 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,398994 & 0 & 0,9169535 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916954 & 0 & -0,398994 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6295328 & 0,776974 & 0 \\ -0,776974 & 0,629533 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1565014,896 \\ -6173709 \\ 343134,4309 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39899 & 0 & 0,9169535 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91695 & 0 & -0,398994 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,397634 & 0 & 0,9175443 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,917544 & 0 & -0,3976336 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6295058 & 0,776996 & 0 \\ -0,776996 & 0,629506 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1565101,25 \\ -6173147,65 \\ 352516,0205 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39763 & 0 & 0,9175443 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91754 & 0 & -0,397634 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,397634 & 0 & 0,9175443 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,917544 & 0 & -0,3976336 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6295069 & 0,776995 & 0 \\ -0,776995 & 0,629507 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1565092,615 \\ -6173149,83 \\ 352516,233 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39763 & 0 & 0,9175443 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91754 & 0 & -0,397634 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,397531 & 0 & 0,9175889 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,917589 & 0 & -0,3975307 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6295048 & 0,776997 & 0 \\ -0,776997 & 0,629505 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1565099,24 \\ -6173106,76 \\ 353225,6655 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39753 & 0 & 0,9175889 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91759 & 0 & -0,397531 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,397529 & 0 & 0,9175897 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,91759 & 0 & -0,3975289 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6295671 & 0,776946 & 0 \\ -0,776946 & 0,629567 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1564604,153 \\ -6173231,55 \\ 353237,8691 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39753 & 0 & 0,9175897 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91759 & 0 & -0,397529 \end{vmatrix}$

R2	$\begin{vmatrix} -0,396767 & 0 & 0,9179195 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,91792 & 0 & -0,3967667 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6295516 & 0,776959 & 0 \\ -0,776959 & 0,629552 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1564653,381 \\ -6172908,97 \\ 358490,9729 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39677 & 0 & 0,9179195 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91792 & 0 & -0,396767 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,396767 & 0 & 0,9179195 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,91792 & 0 & -0,3967666 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6295547 & 0,776956 & 0 \\ -0,776956 & 0,629555 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1564629,004 \\ -6172915,12 \\ 358491,5826 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39677 & 0 & 0,9179195 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91792 & 0 & -0,396767 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,396664 & 0 & 0,917964 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,917964 & 0 & -0,3966636 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6295525 & 0,776958 & 0 \\ -0,776958 & 0,629553 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1564635,741 \\ -6172871,32 \\ 359200,9947 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39666 & 0 & 0,917964 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91796 & 0 & -0,396664 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,396663 & 0 & 0,9179644 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,917964 & 0 & -0,3966628 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6295812 & 0,776935 & 0 \\ -0,776935 & 0,629581 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1564408,248 \\ -6172928,64 \\ 359206,696 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39666 & 0 & 0,9179644 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91796 & 0 & -0,396663 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,395341 & 0 & 0,9185345 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918535 & 0 & -0,3953408 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6295537 & 0,776957 & 0 \\ -0,776957 & 0,629554 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1564495,909 \\ -6172358,8 \\ 368311,9778 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39534 & 0 & 0,9185345 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91853 & 0 & -0,395341 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,395341 & 0 & 0,9185345 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918535 & 0 & -0,3953407 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6295568 & 0,776954 & 0 \\ -0,776954 & 0,629557 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1564471,531 \\ -6172364,94 \\ 368312,6042 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39534 & 0 & 0,9185345 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91853 & 0 & -0,395341 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,395238 & 0 & 0,9185789 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918579 & 0 & -0,3952377 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6295546 & 0,776956 & 0 \\ -0,776956 & 0,629555 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1564478,208 \\ -6172318,97 \\ 369021,8931 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39524 & 0 & 0,9185789 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91858 & 0 & -0,395238 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,395237 & 0 & 0,9185793 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918579 & 0 & -0,3952368 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6295832 & 0,776933 & 0 \\ -0,776933 & 0,629583 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1564250,465 \\ -6172375,31 \\ 369027,6915 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39524 & 0 & 0,9185793 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91858 & 0 & -0,395237 \end{vmatrix}$
	$\begin{vmatrix} -0,394874 & 0 & 0,9187355 \end{vmatrix}$		$\begin{vmatrix} 0,6295756 & 0,776939 & 0 \end{vmatrix}$		$\begin{vmatrix} 1564274,975 \end{vmatrix}$		$\begin{vmatrix} -0,39487 & 0 & 0,9187355 \end{vmatrix}$

R2	$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -0,918735 & 0 & -0,3948736 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} -0,776939 & 0,629576 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} -6172215,98 \\ 371528,5723 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -0,91874 & 0 & -0,394874 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,394874 & 0 & 0,9187355 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918735 & 0 & -0,3948735 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6295767 & 0,776938 & 0 \\ -0,776938 & 0,629577 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1564265,848 \\ -6172216,22 \\ 371528,6788 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39487 & 0 & 0,9187355 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91874 & 0 & -0,394874 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,394767 & 0 & 0,9187813 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918781 & 0 & -0,3947669 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6295744 & 0,77694 & 0 \\ -0,77694 & 0,629574 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1564272,826 \\ -6172168,3 \\ 372262,3728 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39477 & 0 & 0,9187813 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91878 & 0 & -0,394767 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,394799 & 0 & 0,9187674 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918767 & 0 & -0,3947993 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6284949 & 0,777814 & 0 \\ -0,777814 & 0,628495 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1572845,41 \\ -6170003,06 \\ 372039,3613 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,3948 & 0 & 0,9187674 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91877 & 0 & -0,394799 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,394973 & 0 & 0,9186927 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918693 & 0 & -0,394973 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6286187 & 0,777714 & 0 \\ -0,777714 & 0,628619 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1571880,804 \\ -6170322,3 \\ 370844,1487 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39497 & 0 & 0,9186927 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91869 & 0 & -0,394973 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,394974 & 0 & 0,9186925 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918692 & 0 & -0,3949736 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6285986 & 0,77773 & 0 \\ -0,77773 & 0,628599 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1572040,554 \\ -6170281,86 \\ 370840,0006 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39497 & 0 & 0,9186925 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91869 & 0 & -0,394974 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,395013 & 0 & 0,9186757 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918676 & 0 & -0,3950127 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6286265 & 0,777707 & 0 \\ -0,777707 & 0,628626 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1571823,115 \\ -6170353,77 \\ 370570,5616 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39501 & 0 & 0,9186757 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91868 & 0 & -0,395013 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,395013 & 0 & 0,9186755 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918676 & 0 & -0,395013 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6286164 & 0,777715 & 0 \\ -0,777715 & 0,628616 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1571902,744 \\ -6170332,58 \\ 370568,4307 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39501 & 0 & 0,9186755 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91868 & 0 & -0,395013 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,395078 & 0 & 0,9186475 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918647 & 0 & -0,3950782 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6286629 & 0,777678 & 0 \\ -0,777678 & 0,628663 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1571540,341 \\ -6170452,4 \\ 370119,3475 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39508 & 0 & 0,9186475 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91865 & 0 & -0,395078 \end{vmatrix}$

R2	$\begin{vmatrix} -0,395079 & 0 & 0,9186473 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918647 & 0 & -0,3950785 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6286529 & 0,777686 & 0 \\ -0,777686 & 0,628653 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1571620,219 \\ -6170432,19 \\ 370117,2777 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39508 & 0 & 0,9186473 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91865 & 0 & -0,395079 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,395157 & 0 & 0,9186137 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918614 & 0 & -0,3951568 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6287087 & 0,777641 & 0 \\ -0,777641 & 0,628709 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1571185,327 \\ -6170575,91 \\ 369578,3464 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39516 & 0 & 0,9186137 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91861 & 0 & -0,395157 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,395157 & 0 & 0,9186134 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918613 & 0 & -0,3951574 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6286885 & 0,777657 & 0 \\ -0,777657 & 0,628689 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1571345,09 \\ -6170535,48 \\ 369574,2135 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39516 & 0 & 0,9186134 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91861 & 0 & -0,395157 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,395223 & 0 & 0,9185854 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918585 & 0 & -0,3952227 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,628735 & 0,77762 & 0 \\ -0,77762 & 0,628735 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1570982,43 \\ -6170654,22 \\ 369125,0224 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39522 & 0 & 0,9185854 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91859 & 0 & -0,395223 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,395223 & 0 & 0,9185851 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918585 & 0 & -0,3952233 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6287149 & 0,777636 & 0 \\ -0,777636 & 0,628715 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1571142,196 \\ -6170613,8 \\ 369120,8949 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39522 & 0 & 0,9185851 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91859 & 0 & -0,395223 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,395484 & 0 & 0,9184728 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918473 & 0 & -0,3954842 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6289009 & 0,777485 & 0 \\ -0,777485 & 0,628901 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1569692,48 \\ -6171092,16 \\ 367324,1226 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39548 & 0 & 0,9184728 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91847 & 0 & -0,395484 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,395485 & 0 & 0,9184725 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918473 & 0 & -0,3954848 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6288808 & 0,777502 & 0 \\ -0,777502 & 0,628881 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1569852,022 \\ -6171050,79 \\ 367319,9592 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39548 & 0 & 0,9184725 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91847 & 0 & -0,395485 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,395681 & 0 & 0,9183882 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918388 & 0 & -0,3956806 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6290202 & 0,777389 & 0 \\ -0,777389 & 0,62902 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1568764,661 \\ -6171409,03 \\ 365972,1205 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39568 & 0 & 0,9183882 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91839 & 0 & -0,395681 \end{vmatrix}$
	$\begin{vmatrix} -0,395684 & 0 & 0,9183865 \end{vmatrix}$		$\begin{vmatrix} 0,6288894 & 0,777495 & 0 \end{vmatrix}$		$\begin{vmatrix} 1569803,342 \end{vmatrix}$		$\begin{vmatrix} -0,39568 & 0 & 0,9183865 \end{vmatrix}$

R2	$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -0,918387 & 0 & -0,3956844 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} -0,777495 & 0,628889 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} -6171146,51 \\ 365945,5392 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -0,91839 & 0 & -0,395684 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,395338 & 0 & 0,9185356 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918536 & 0 & -0,3953382 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6288821 & 0,777501 & 0 \\ -0,777501 & 0,628882 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1569826,269 \\ -6170994,91 \\ 368329,369 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39534 & 0 & 0,9185356 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91854 & 0 & -0,395338 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,395338 & 0 & 0,9185357 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918536 & 0 & -0,395338 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6288881 & 0,777496 & 0 \\ -0,777496 & 0,628888 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1569778,824 \\ -6171005,87 \\ 368330,5269 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39534 & 0 & 0,9185357 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91854 & 0 & -0,395338 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,394965 & 0 & 0,9186961 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918696 & 0 & -0,3949651 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6288802 & 0,777502 & 0 \\ -0,777502 & 0,62888 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1569803,948 \\ -6170842,55 \\ 370897,7269 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39497 & 0 & 0,9186961 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,9187 & 0 & -0,394965 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,394965 & 0 & 0,9186962 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918696 & 0 & -0,394965 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6288861 & 0,777497 & 0 \\ -0,777497 & 0,628886 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1569756,503 \\ -6170853,52 \\ 370898,8928 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39496 & 0 & 0,9186962 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,9187 & 0 & -0,394965 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,394952 & 0 & 0,9187019 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918702 & 0 & -0,3949516 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6288858 & 0,777498 & 0 \\ -0,777498 & 0,628886 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1569757,404 \\ -6170847,66 \\ 370990,5775 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39495 & 0 & 0,9187019 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,9187 & 0 & -0,394952 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,394952 & 0 & 0,9187019 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918702 & 0 & -0,3949516 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6288878 & 0,777496 & 0 \\ -0,777496 & 0,628888 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1569741,671 \\ -6170851,64 \\ 370990,9857 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39495 & 0 & 0,9187019 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,9187 & 0 & -0,394952 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,394938 & 0 & 0,9187077 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918708 & 0 & -0,3949383 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6288875 & 0,777496 & 0 \\ -0,777496 & 0,628888 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1569742,08 \\ -6170843,85 \\ 371082,5532 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39494 & 0 & 0,9187077 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91871 & 0 & -0,394938 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,394938 & 0 & 0,9187077 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918708 & 0 & -0,3949382 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6288895 & 0,777495 & 0 \\ -0,777495 & 0,62889 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1569726,347 \\ -6170847,83 \\ 371082,9615 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39494 & 0 & 0,9187077 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91871 & 0 & -0,394938 \end{vmatrix}$

R2	$\begin{vmatrix} -0,394805 & 0 & 0,9187649 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918765 & 0 & -0,394805 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6288867 & 0,777497 & 0 \\ -0,777497 & 0,628887 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1569735,12 \\ -6170788,22 \\ 371999,7446 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39481 & 0 & 0,9187649 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91876 & 0 & -0,394805 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,394805 & 0 & 0,918765 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918765 & 0 & -0,3948048 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6288946 & 0,777491 & 0 \\ -0,777491 & 0,628895 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1569672,188 \\ -6170804,13 \\ 372001,382 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,3948 & 0 & 0,918765 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91877 & 0 & -0,394805 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,394774 & 0 & 0,9187783 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918778 & 0 & -0,394774 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,628894 & 0,777491 & 0 \\ -0,777491 & 0,628894 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1569674,028 \\ -6170789,61 \\ 372213,0123 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39477 & 0 & 0,9187783 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91878 & 0 & -0,394774 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,394778 & 0 & 0,9187767 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918777 & 0 & -0,394777 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6287704 & 0,777591 & 0 \\ -0,777591 & 0,62877 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1570655,413 \\ -6170541,46 \\ 372187,4587 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39478 & 0 & 0,9187767 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91878 & 0 & -0,394778 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,3962 & 0 & 0,9181641 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918164 & 0 & -0,3962004 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6297835 & 0,776771 & 0 \\ -0,776771 & 0,629784 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1562746,36 \\ -6173122,48 \\ 362390,3743 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,3962 & 0 & 0,9181641 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91816 & 0 & -0,3962 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,396224 & 0 & 0,9181539 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,918154 & 0 & -0,3962238 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6289788 & 0,777422 & 0 \\ -0,777422 & 0,628979 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1569139,831 \\ -6171507,02 \\ 362228,4578 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39622 & 0 & 0,9181539 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91815 & 0 & -0,396224 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,398443 & 0 & 0,9171932 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,917193 & 0 & -0,3984427 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6305565 & 0,776143 & 0 \\ -0,776143 & 0,630556 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1556813,895 \\ -6175522,05 \\ 346934,8723 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39844 & 0 & 0,9171932 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91719 & 0 & -0,398443 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,398443 & 0 & 0,9171933 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,917193 & 0 & -0,3984425 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6305634 & 0,776138 & 0 \\ -0,776138 & 0,630563 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1556759,349 \\ -6175537,79 \\ 346936,309 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39844 & 0 & 0,9171933 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91719 & 0 & -0,398443 \end{vmatrix}$
	$\begin{vmatrix} -0,397977 & 0 & 0,9173956 \end{vmatrix}$		$\begin{vmatrix} 0,6305541 & 0,776145 & 0 \end{vmatrix}$		$\begin{vmatrix} 1556789,21 \end{vmatrix}$		$\begin{vmatrix} -0,39798 & 0 & 0,9173956 \end{vmatrix}$

R2	$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -0,917396 & 0 & -0,3979766 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} -0,776145 & 0,630554 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} -6175346,24 \\ 350148,9701 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -0,9174 & 0 & -0,397977 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,397976 & 0 & 0,9173957 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,917396 & 0 & -0,3979763 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,630564 & 0,776137 & 0 \\ -0,776137 & 0,630564 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1556711,166 \\ -6175368,89 \\ 350151,0532 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39798 & 0 & 0,9173957 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,9174 & 0 & -0,397976 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,397377 & 0 & 0,9176554 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,917655 & 0 & -0,3973772 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,630552 & 0,776147 & 0 \\ -0,776147 & 0,630552 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1556750,378 \\ -6175121,66 \\ 354281,5772 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39738 & 0 & 0,9176554 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91766 & 0 & -0,397377 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,397377 & 0 & 0,9176556 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,917656 & 0 & -0,3973766 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6305718 & 0,776131 & 0 \\ -0,776131 & 0,630572 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1556593,556 \\ -6175164,06 \\ 354285,6246 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39738 & 0 & 0,9176556 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91766 & 0 & -0,397377 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,398683 & 0 & 0,9170888 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,917089 & 0 & -0,398683 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6314989 & 0,775377 & 0 \\ -0,775377 & 0,631499 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1549335,694 \\ -6177509,56 \\ 345278,4859 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39868 & 0 & 0,9170888 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91709 & 0 & -0,398683 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,398688 & 0 & 0,9170866 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,917087 & 0 & -0,3986881 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6313131 & 0,775528 & 0 \\ -0,775528 & 0,631313 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1550816,384 \\ -6177140,03 \\ 345243,0668 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39869 & 0 & 0,9170866 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91709 & 0 & -0,398688 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,39895 & 0 & 0,9169728 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916973 & 0 & -0,3989497 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6314985 & 0,775377 & 0 \\ -0,775377 & 0,631499 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1549363,176 \\ -6177607,32 \\ 343438,7947 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39895 & 0 & 0,9169728 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91697 & 0 & -0,39895 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,398964 & 0 & 0,9169666 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916967 & 0 & -0,3989639 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,630981 & 0,775798 & 0 \\ -0,775798 & 0,630981 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1553486,581 \\ -6176577,27 \\ 343340,6292 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39896 & 0 & 0,9169666 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91697 & 0 & -0,398964 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,399029 & 0 & 0,9169383 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916938 & 0 & -0,3990289 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6310271 & 0,775761 & 0 \\ -0,775761 & 0,631027 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1553125,209 \\ -6176693,59 \\ 342891,8596 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39903 & 0 & 0,9169383 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91694 & 0 & -0,399029 \end{vmatrix}$

R2	$\begin{vmatrix} -0,399032 & 0 & 0,9169371 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916937 & 0 & -0,3990317 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6309266 & 0,775843 & 0 \\ -0,775843 & 0,630927 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1553925,578 \\ -6176493,36 \\ 342872,8138 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39903 & 0 & 0,9169371 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91694 & 0 & -0,399032 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,399293 & 0 & 0,9168234 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916823 & 0 & -0,3992929 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6311119 & 0,775692 & 0 \\ -0,775692 & 0,631112 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1552474,425 \\ -6176960,11 \\ 341070,5 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39929 & 0 & 0,9168234 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91682 & 0 & -0,399293 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,399296 & 0 & 0,9168222 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916822 & 0 & -0,3992957 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6310114 & 0,775774 & 0 \\ -0,775774 & 0,631011 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1553274,851 \\ -6176759,94 \\ 341051,5599 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,3993 & 0 & 0,9168222 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91682 & 0 & -0,399296 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,399426 & 0 & 0,9167653 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916765 & 0 & -0,3994263 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,631104 & 0,775698 & 0 \\ -0,775698 & 0,631104 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1552549,285 \\ -6176993,08 \\ 340150,3023 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39943 & 0 & 0,9167653 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91677 & 0 & -0,399426 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,399429 & 0 & 0,9167641 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916764 & 0 & -0,399429 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6310035 & 0,77578 & 0 \\ -0,77578 & 0,631004 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1553349,947 \\ -6176793,87 \\ 340131,4665 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39943 & 0 & 0,9167641 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91676 & 0 & -0,399429 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,39956 & 0 & 0,9167072 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916707 & 0 & -0,3995596 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6310962 & 0,775705 & 0 \\ -0,775705 & 0,631096 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1552624,41 \\ -6177026,87 \\ 339230,16 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39956 & 0 & 0,9167072 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91671 & 0 & -0,39956 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,399565 & 0 & 0,9167049 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916705 & 0 & -0,399565 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6309003 & 0,775864 & 0 \\ -0,775864 & 0,6309 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1554184,595 \\ -6176636,56 \\ 339193,4326 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39956 & 0 & 0,9167049 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,9167 & 0 & -0,399565 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,3998 & 0 & 0,9166023 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916602 & 0 & -0,3998003 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6310672 & 0,775728 & 0 \\ -0,775728 & 0,631067 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1552877,314 \\ -6177056,16 \\ 337569,2135 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,3998 & 0 & 0,9166023 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,9166 & 0 & -0,3998 \end{vmatrix}$
	$\begin{vmatrix} -0,399813 & 0 & 0,9165966 \end{vmatrix}$		$\begin{vmatrix} 0,63059 & 0,776116 & 0 \end{vmatrix}$		$\begin{vmatrix} 1556676,918 \end{vmatrix}$		$\begin{vmatrix} -0,39981 & 0 & 0,9165966 \end{vmatrix}$

R2	$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -0,916597 & 0 & -0,3998132 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} -0,776116 & 0,63059 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} -6176104,69 \\ 337480,1537 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -0,9166 & 0 & -0,399813 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,399858 & 0 & 0,9165773 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916577 & 0 & -0,3998576 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6306215 & 0,776091 & 0 \\ -0,776091 & 0,630621 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1556430,602 \\ -6176183,83 \\ 337174,0605 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39986 & 0 & 0,9165773 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91658 & 0 & -0,399858 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,399857 & 0 & 0,9165773 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916577 & 0 & -0,3998575 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6306254 & 0,776087 & 0 \\ -0,776087 & 0,630625 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1556399,091 \\ -6176191,73 \\ 337174,799 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,39986 & 0 & 0,9165773 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91658 & 0 & -0,399857 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,400014 & 0 & 0,916509 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916509 & 0 & -0,4000142 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6307366 & 0,775997 & 0 \\ -0,775997 & 0,630737 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1555528,818 \\ -6176471,13 \\ 336093,2681 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40001 & 0 & 0,916509 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91651 & 0 & -0,400014 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,400016 & 0 & 0,9165081 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916508 & 0 & -0,4000161 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6306662 & 0,776054 & 0 \\ -0,776054 & 0,630666 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1556088,934 \\ -6176330,77 \\ 336080,1886 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40002 & 0 & 0,9165081 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91651 & 0 & -0,400016 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,400473 & 0 & 0,9163085 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916309 & 0 & -0,4004731 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6309903 & 0,775791 & 0 \\ -0,775791 & 0,63099 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1553550,503 \\ -6177144,13 \\ 332925,0042 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40047 & 0 & 0,9163085 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91631 & 0 & -0,400473 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,400473 & 0 & 0,9163086 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916309 & 0 & -0,400473 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6309942 & 0,775788 & 0 \\ -0,775788 & 0,630994 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1553518,981 \\ -6177152,02 \\ 332925,7325 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40047 & 0 & 0,9163086 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91631 & 0 & -0,400473 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,400839 & 0 & 0,9161486 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916149 & 0 & -0,4008387 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6312534 & 0,775577 & 0 \\ -0,775577 & 0,631253 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1551487,92 \\ -6177800,82 \\ 330400,6652 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40084 & 0 & 0,9161486 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91615 & 0 & -0,400839 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,400839 & 0 & 0,9161487 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916149 & 0 & -0,4008387 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6312553 & 0,775575 & 0 \\ -0,775575 & 0,631255 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1551472,156 \\ -6177804,76 \\ 330401,0263 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40084 & 0 & 0,9161487 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91615 & 0 & -0,400839 \end{vmatrix}$

R2	$\begin{vmatrix} -0,400891 & 0 & 0,9161258 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916126 & 0 & -0,4008909 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6312924 & 0,775545 & 0 \\ -0,775545 & 0,631292 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1551181,981 \\ -6177897,3 \\ 330040,2357 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40089 & 0 & 0,9161258 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91613 & 0 & -0,400891 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,400891 & 0 & 0,9161258 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,916126 & 0 & -0,4008909 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6312943 & 0,775543 & 0 \\ -0,775543 & 0,631294 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1551166,459 \\ -6177902,21 \\ 330040,6485 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40089 & 0 & 0,9161258 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91613 & 0 & -0,400891 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,401348 & 0 & 0,9159256 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,915926 & 0 & -0,4013481 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6316181 & 0,77528 & 0 \\ -0,77528 & 0,631618 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1548627,187 \\ -6178710,54 \\ 326883,0205 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40135 & 0 & 0,9159256 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91593 & 0 & -0,401348 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,401348 & 0 & 0,9159256 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,915926 & 0 & -0,401348 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6316201 & 0,775278 & 0 \\ -0,775278 & 0,63162 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1548611,418 \\ -6178714,48 \\ 326883,3774 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40135 & 0 & 0,9159256 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91593 & 0 & -0,401348 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,401476 & 0 & 0,9158695 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,91587 & 0 & -0,4014761 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6317107 & 0,775204 & 0 \\ -0,775204 & 0,631711 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1547900,091 \\ -6178940,42 \\ 325998,6995 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40148 & 0 & 0,9158695 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91587 & 0 & -0,401476 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,401476 & 0 & 0,9158695 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,91587 & 0 & -0,401476 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6317137 & 0,775202 & 0 \\ -0,775202 & 0,631714 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1547876,754 \\ -6178946,24 \\ 325999,2261 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40148 & 0 & 0,9158695 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91587 & 0 & -0,401476 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,401899 & 0 & 0,9156839 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,915684 & 0 & -0,4018993 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6320132 & 0,774958 & 0 \\ -0,774958 & 0,632013 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1545525,86 \\ -6179691,41 \\ 323075,0126 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,4019 & 0 & 0,9156839 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91568 & 0 & -0,401899 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,401899 & 0 & 0,9156839 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,915684 & 0 & -0,4018992 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6320142 & 0,774957 & 0 \\ -0,774957 & 0,632014 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1545517,654 \\ -6179693,45 \\ 323075,1959 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,4019 & 0 & 0,9156839 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91568 & 0 & -0,401899 \end{vmatrix}$
	$\begin{vmatrix} -0,401952 & 0 & 0,915661 \end{vmatrix}$		$\begin{vmatrix} 0,6320512 & 0,774927 & 0 \end{vmatrix}$		$\begin{vmatrix} 1545227,363 \end{vmatrix}$		$\begin{vmatrix} -0,40195 & 0 & 0,915661 \end{vmatrix}$

R2	$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -0,915661 & 0 & -0,4019515 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} -0,774927 & 0,632051 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} -6179785,31 \\ 322714,068 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -0,91566 & 0 & -0,401952 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,401951 & 0 & 0,915661 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,915661 & 0 & -0,4019515 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6320531 & 0,774925 & 0 \\ -0,774925 & 0,632053 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1545211,588 \\ -6179789,23 \\ 322714,4199 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40195 & 0 & 0,915661 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91566 & 0 & -0,401951 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,402147 & 0 & 0,9155749 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,915575 & 0 & -0,4021475 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6321918 & 0,774812 & 0 \\ -0,774812 & 0,632192 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1544122,947 \\ -6180133,36 \\ 321360,0419 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40215 & 0 & 0,9155749 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91557 & 0 & -0,402147 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,402147 & 0 & 0,9155749 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,915575 & 0 & -0,4021474 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6321937 & 0,77481 & 0 \\ -0,77481 & 0,632194 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1544107,17 \\ -6180137,29 \\ 321360,3922 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40215 & 0 & 0,9155749 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91557 & 0 & -0,402147 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,402278 & 0 & 0,9155175 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,915518 & 0 & -0,4022781 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6322861 & 0,774735 & 0 \\ -0,774735 & 0,632286 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1543381,364 \\ -6180366,44 \\ 320457,3437 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40228 & 0 & 0,9155175 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91552 & 0 & -0,402278 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,402279 & 0 & 0,9155173 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,915517 & 0 & -0,4022786 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6322661 & 0,774751 & 0 \\ -0,774751 & 0,632266 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1543541,613 \\ -6180326,61 \\ 320453,797 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40228 & 0 & 0,9155173 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91552 & 0 & -0,402279 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,40254 & 0 & 0,9154024 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,915402 & 0 & -0,40254 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6324508 & 0,774601 & 0 \\ -0,774601 & 0,632451 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1542089,923 \\ -6180784,3 \\ 318647,4131 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40254 & 0 & 0,9154024 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,9154 & 0 & -0,40254 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,40254 & 0 & 0,9154025 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,915402 & 0 & -0,4025399 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6324548 & 0,774597 & 0 \\ -0,774597 & 0,632455 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1542058,361 \\ -6180792,14 \\ 318648,1072 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40254 & 0 & 0,9154025 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,9154 & 0 & -0,40254 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,403063 & 0 & 0,9151724 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,915172 & 0 & -0,4030627 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6328242 & 0,774296 & 0 \\ -0,774296 & 0,632824 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1539154,551 \\ -6181704,94 \\ 315034,0973 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40306 & 0 & 0,9151724 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91517 & 0 & -0,403063 \end{vmatrix}$

R2	$\begin{vmatrix} -0,403063 & 0 & 0,9151722 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,915172 & 0 & -0,4030632 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6328041 & 0,774312 & 0 \\ -0,774312 & 0,632804 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1539314,874 \\ -6181665,2 \\ 315030,6162 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40306 & 0 & 0,9151722 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91517 & 0 & -0,403063 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,403233 & 0 & 0,9150973 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,915097 & 0 & -0,4032331 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6329241 & 0,774214 & 0 \\ -0,774214 & 0,632924 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1538371,032 \\ -6181961,15 \\ 313855,7235 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40323 & 0 & 0,9150973 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,9151 & 0 & -0,403233 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,403233 & 0 & 0,9150972 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,915097 & 0 & -0,4032332 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6329189 & 0,774218 & 0 \\ -0,774218 & 0,632919 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1538412,98 \\ -6181951,78 \\ 313854,8712 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40323 & 0 & 0,9150972 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,9151 & 0 & -0,403233 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,403678 & 0 & 0,9149013 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,914901 & 0 & -0,4036777 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6332326 & 0,773962 & 0 \\ -0,773962 & 0,633233 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1535944,203 \\ -6182724,09 \\ 310781,2648 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40368 & 0 & 0,9149013 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,9149 & 0 & -0,403678 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,403678 & 0 & 0,9149013 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,914901 & 0 & -0,4036777 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6332337 & 0,773961 & 0 \\ -0,773961 & 0,633234 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1535935,988 \\ -6182726,12 \\ 310781,4405 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40368 & 0 & 0,9149013 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,9149 & 0 & -0,403678 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,403808 & 0 & 0,9148436 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,914844 & 0 & -0,4038084 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6333259 & 0,773885 & 0 \\ -0,773885 & 0,633326 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1535209,8 \\ -6182952,8 \\ 309877,2127 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40381 & 0 & 0,9148436 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91484 & 0 & -0,403808 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,403809 & 0 & 0,9148435 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,914844 & 0 & -0,4038086 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6333207 & 0,773889 & 0 \\ -0,773889 & 0,633321 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1535249,836 \\ -6182935,7 \\ 309875,9809 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40381 & 0 & 0,9148435 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91484 & 0 & -0,403809 \end{vmatrix}$
R2	$\begin{vmatrix} -0,408933 & 0 & 0,9125645 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0,912565 & 0 & -0,4089327 \end{vmatrix}$	R3=	$\begin{vmatrix} 0,6369237 & 0,770927 & 0 \\ -0,770927 & 0,636924 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	G=	$\begin{vmatrix} 1506784,879 \\ -6191642,32 \\ 274386,2639 \end{vmatrix}$	p2*R2=	$\begin{vmatrix} -0,40893 & 0 & 0,9125645 \\ 0 & -1 & 0 \\ -0,91256 & 0 & -0,408933 \end{vmatrix}$

$$p2 * R2 * R3 \begin{vmatrix} -0,257461 & -0,3179542 & 0,91248 \\ 0,777162 & -0,6293006 & 0 \\ -0,574224 & -0,7091445 & -0,40912 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1809417,235 \\ 5105280,166 \\ 3368147,063 \end{vmatrix}$$

$$p2 * R2 * R3 \begin{vmatrix} -0,257314 & -0,3177756 & 0,912583 \\ 0,777165 & -0,629297 & 0 \\ -0,574286 & -0,7092278 & -0,40889 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1810010,909 \\ 5105225,383 \\ 3367912,211 \end{vmatrix}$$

$$p2 * R2 * R3 \begin{vmatrix} -0,257293 & -0,317794 & 0,912583 \\ 0,777208 & -0,629244 & 0 \\ -0,574237 & -0,7092665 & -0,40889 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1810008,49 \\ 5105227,269 \\ 3367914,455 \end{vmatrix}$$

$$p2 * R2 * R3 \begin{vmatrix} -0,255592 & -0,3157295 & 0,913777 \\ 0,777243 & -0,6292004 & 0 \\ -0,574949 & -0,7102266 & -0,40622 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1816870,773 \\ 5104554,262 \\ 3365212,021 \end{vmatrix}$$

$$p2 * R2 * R3 \begin{vmatrix} -0,255611 & -0,315713 & 0,913777 \\ 0,777205 & -0,6292479 & 0 \\ -0,574992 & -0,7101918 & -0,40622 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1816874,497 \\ 5104556,371 \\ 3365212,482 \end{vmatrix}$$

$$p2 * R2 * R3 \begin{vmatrix} -0,255088 & -0,315079 & 0,914142 \\ 0,777216 & -0,6292339 & 0 \\ -0,575209 & -0,7104857 & -0,40539 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1818984,496 \\ 5104342,617 \\ 3364392,147 \end{vmatrix}$$

$$p2 * R2 * R3 \begin{vmatrix} -0,255136 & -0,3150364 & 0,914143 \\ 0,777117 & -0,6293567 & 0 \\ -0,575322 & -0,7103958 & -0,40539 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1818992,625 \\ 5104343,436 \\ 3364390,263 \end{vmatrix}$$

$$p2 * R2 * R3 \begin{vmatrix} -0,253954 & -0,3136041 & 0,914964 \\ 0,777143 & -0,6293242 & 0 \\ -0,575809 & -0,711058 & -0,40353 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1823763,135 \\ 5103846,406 \\ 3362552,363 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,253976 & -0,3135849 & 0,914965 \\ 0,777098 & -0,6293796 & 0 \\ -0,57586 & -0,7110174 & -0,40353 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1823767,559 \\ 5103848,423 \\ 3362552,575 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,253274 & -0,3127354 & 0,91545 \\ 0,777114 & -0,6293597 & 0 \\ -0,576147 & -0,7114091 & -0,40243 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1826599,115 \\ 5103543,146 \\ 3361471,666 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,253303 & -0,3127094 & 0,915451 \\ 0,777053 & -0,629435 & 0 \\ -0,576217 & -0,711354 & -0,40243 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1826605,51 \\ 5103546,599 \\ 3361472,409 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,252923 & -0,3122486 & 0,915713 \\ 0,777062 & -0,629424 & 0 \\ -0,576372 & -0,7115661 & -0,40183 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1828142,349 \\ 5103379,428 \\ 3360890,162 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,252957 & -0,3122178 & 0,915714 \\ 0,77699 & -0,6295131 & 0 \\ -0,576454 & -0,7115008 & -0,40183 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1828148,876 \\ 5103380,364 \\ 3360888,955 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,252653 & -0,3118492 & 0,915924 \\ 0,776997 & -0,6295042 & 0 \\ -0,576578 & -0,7116703 & -0,40135 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1829378,029 \\ 5103242,478 \\ 3360422,895 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,252654 & -0,311848 & 0,915924 \\ 0,776994 & -0,6295078 & 0 \\ -0,576581 & -0,7116676 & -0,40135 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1829378,846 \\ 5103244,051 \\ 3360423,856 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,252093 & -0,3111694 & 0,916309 \\ 0,777008 & -0,6294911 & 0 \\ -0,576809 & -0,7119793 & -0,40047 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1831642,709 \\ 5102988,238 \\ 3359570,552 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} -0,252096 & -0,3111671 & 0,916309 \end{vmatrix} \quad \begin{vmatrix} 1831643,754 \end{vmatrix}$$

$$p2^*R2^*R3 \begin{vmatrix} 0,777002 & -0,629498 & 0 \\ -0,576815 & -0,7119743 & -0,40047 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 5102989,784 \\ 3359571,428 \end{vmatrix}$$

$$p2^*R2^*R3 \begin{vmatrix} -0,251221 & -0,310109 & 0,916908 \\ 0,777024 & -0,6294715 & 0 \\ -0,577167 & -0,7124592 & -0,3991 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1835172,428 \\ 5102572,7 \\ 3358244,186 \end{vmatrix}$$

$$p2^*R2^*R3 \begin{vmatrix} -0,251222 & -0,3101087 & 0,916908 \\ 0,777023 & -0,6294725 & 0 \\ -0,577168 & -0,7124584 & -0,3991 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1835171,929 \\ 5102571,091 \\ 3358243,105 \end{vmatrix}$$

$$p2^*R2^*R3 \begin{vmatrix} -0,251156 & -0,3100294 & 0,916953 \\ 0,777024 & -0,6294705 & 0 \\ -0,577195 & -0,7124946 & -0,399 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1835434,219 \\ 5102533,471 \\ 3358140,235 \end{vmatrix}$$

$$p2^*R2^*R3 \begin{vmatrix} -0,25118 & -0,3100079 & 0,916954 \\ 0,776974 & -0,6295328 & 0 \\ -0,577252 & -0,712449 & -0,39899 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1835436,913 \\ 5102528,148 \\ 3358135,429 \end{vmatrix}$$

$$p2^*R2^*R3 \begin{vmatrix} -0,250313 & -0,3089596 & 0,917544 \\ 0,776996 & -0,6295058 & 0 \\ -0,577599 & -0,7129281 & -0,39763 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1838937,894 \\ 5102109,211 \\ 3356836,369 \end{vmatrix}$$

$$p2^*R2^*R3 \begin{vmatrix} -0,250313 & -0,3089593 & 0,917544 \\ 0,776995 & -0,6295069 & 0 \\ -0,5776 & -0,7129273 & -0,39763 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1838937,973 \\ 5102109,202 \\ 3356836,34 \end{vmatrix}$$

$$p2^*R2^*R3 \begin{vmatrix} -0,250247 & -0,30888 & 0,917589 \\ 0,776997 & -0,6295048 & 0 \\ -0,577627 & -0,7129635 & -0,39753 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1839202,883 \\ 5102077,061 \\ 3356738,522 \end{vmatrix}$$

$$p2^*R2^*R3 \begin{vmatrix} -0,250271 & -0,3088585 & 0,91759 \\ 0,776946 & -0,6295671 & 0 \\ -0,577684 & -0,7129177 & -0,39753 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1839207,44 \\ 5102076,507 \\ 3356736,84 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,249785 & -0,3082713 & 0,91792 \\ 0,776959 & -0,6295516 & 0 \\ -0,577878 & -0,7131855 & -0,39677 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1841169,47 \\ 5101835,687 \\ 3356013,825 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,249786 & -0,3082702 & 0,91792 \\ 0,776956 & -0,6295547 & 0 \\ -0,577881 & -0,7131833 & -0,39677 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1841169,697 \\ 5101835,659 \\ 3356013,741 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,249721 & -0,3081909 & 0,917964 \\ 0,776958 & -0,6295525 & 0 \\ -0,577907 & -0,7132194 & -0,39666 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1841434,797 \\ 5101802,973 \\ 3355916,419 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,249731 & -0,3081811 & 0,917964 \\ 0,776935 & -0,6295812 & 0 \\ -0,577933 & -0,7131984 & -0,39666 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1841436,927 \\ 5101802,71 \\ 3355915,637 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,248888 & -0,3071628 & 0,918535 \\ 0,776957 & -0,6295537 & 0 \\ -0,578267 & -0,7136618 & -0,39534 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1844841,538 \\ 5101377,424 \\ 3354671,719 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,248889 & -0,3071617 & 0,918535 \\ 0,776954 & -0,6295568 & 0 \\ -0,57827 & -0,7136595 & -0,39534 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1844841,772 \\ 5101377,395 \\ 3354671,634 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,248824 & -0,3070824 & 0,918579 \\ 0,776956 & -0,6295546 & 0 \\ -0,578296 & -0,7136956 & -0,39524 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1845106,879 \\ 5101343,015 \\ 3354574,606 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,248834 & -0,3070726 & 0,918579 \\ 0,776933 & -0,6295832 & 0 \\ -0,578322 & -0,7136746 & -0,39524 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1845108,781 \\ 5101341,937 \\ 3354573,284 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} -0,248603 & -0,3067928 & 0,918735 \end{vmatrix} \quad \begin{vmatrix} 1846044,653 \end{vmatrix}$$

$$p2^*R2^*R3 \begin{vmatrix} 0,776939 & -0,6295756 & 0 \\ -0,578413 & -0,7138017 & -0,39487 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 5101223,027 \\ 3354233,525 \end{vmatrix}$$

$$p2^*R2^*R3 \begin{vmatrix} -0,248603 & -0,3067924 & 0,918735 \\ 0,776938 & -0,6295767 & 0 \\ -0,578414 & -0,7138009 & -0,39487 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1846044,157 \\ 5101221,416 \\ 3354232,443 \end{vmatrix}$$

$$p2^*R2^*R3 \begin{vmatrix} -0,248535 & -0,3067103 & 0,918781 \\ 0,77694 & -0,6295744 & 0 \\ -0,578441 & -0,7138381 & -0,39477 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1846318,505 \\ 5101185,576 \\ 3354132,372 \end{vmatrix}$$

$$p2^*R2^*R3 \begin{vmatrix} -0,248129 & -0,3070803 & 0,918767 \\ 0,777814 & -0,6284949 & 0 \\ -0,577441 & -0,7146298 & -0,3948 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1846235,031 \\ 5101196,233 \\ 3354162,62 \end{vmatrix}$$

$$p2^*R2^*R3 \begin{vmatrix} -0,248287 & -0,3071759 & 0,918693 \\ 0,777714 & -0,6286187 & 0 \\ -0,577507 & -0,7144799 & -0,39497 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1845787,698 \\ 5101253,242 \\ 3354324,834 \end{vmatrix}$$

$$p2^*R2^*R3 \begin{vmatrix} -0,24828 & -0,3071828 & 0,918692 \\ 0,77773 & -0,6285986 & 0 \\ -0,577489 & -0,7144946 & -0,39497 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1845786,146 \\ 5101253,439 \\ 3354325,398 \end{vmatrix}$$

$$p2^*R2^*R3 \begin{vmatrix} -0,248315 & -0,3072043 & 0,918676 \\ 0,777707 & -0,6286265 & 0 \\ -0,577504 & -0,7144608 & -0,39501 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1845685,312 \\ 5101266,265 \\ 3354361,989 \end{vmatrix}$$

$$p2^*R2^*R3 \begin{vmatrix} -0,248312 & -0,3072077 & 0,918676 \\ 0,777715 & -0,6286164 & 0 \\ -0,577495 & -0,7144682 & -0,39501 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1845684,246 \\ 5101265,564 \\ 3354361,745 \end{vmatrix}$$

$$p2^*R2^*R3 \begin{vmatrix} -0,248371 & -0,3072436 & 0,918647 \\ 0,777678 & -0,6286629 & 0 \\ -0,57752 & -0,7144118 & -0,39508 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1845516,19 \\ 5101286,921 \\ 3354422,752 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,248367 & -0,3072471 & 0,918647 \\ 0,777686 & -0,6286529 & 0 \\ -0,57751 & -0,7144192 & -0,39508 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1845515,416 \\ 5101287,019 \\ 3354423,033 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,248439 & -0,3072901 & 0,918614 \\ 0,777641 & -0,6287087 & 0 \\ -0,57754 & -0,7143516 & -0,39516 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1845313,749 \\ 5101312,614 \\ 3354496,277 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,248431 & -0,307297 & 0,918613 \\ 0,777657 & -0,6286885 & 0 \\ -0,577522 & -0,7143663 & -0,39516 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1845312,203 \\ 5101312,81 \\ 3354496,839 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,24849 & -0,3073329 & 0,918585 \\ 0,77762 & -0,628735 & 0 \\ -0,577547 & -0,71431 & -0,39522 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1845143,859 \\ 5101333,312 \\ 3354557,379 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,248483 & -0,3073398 & 0,918585 \\ 0,777636 & -0,6287149 & 0 \\ -0,577528 & -0,7143247 & -0,39522 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1845142,315 \\ 5101333,507 \\ 3354557,94 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,24872 & -0,3074832 & 0,918473 \\ 0,777485 & -0,6289009 & 0 \\ -0,577628 & -0,7140992 & -0,39548 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1844470,103 \\ 5101418,464 \\ 3354802,472 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,248713 & -0,3074901 & 0,918473 \\ 0,777502 & -0,6288808 & 0 \\ -0,57761 & -0,714114 & -0,39548 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1844468,277 \\ 5101417,857 \\ 3354802,505 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,248891 & -0,3075977 & 0,918388 \\ 0,777389 & -0,6290202 & 0 \\ -0,577685 & -0,7139448 & -0,39568 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1843964,119 \\ 5101481,313 \\ 3354986,187 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} -0,248842 & -0,3076426 & 0,918387 \end{vmatrix} \quad \begin{vmatrix} 1843954,177 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} 0,777495 & -0,6288894 & 0 \\ -0,577564 & -0,7140407 & -0,39568 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 5101482,562 \\ 3354989,812 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,248621 & -0,3073757 & 0,918536 \\ 0,777501 & -0,6288821 & 0 \\ -0,577651 & -0,7141621 & -0,39534 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1844845,634 \\ 5101369,379 \\ 3354664,549 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,248623 & -0,3073737 & 0,918536 \\ 0,777496 & -0,6288881 & 0 \\ -0,577656 & -0,7141577 & -0,39534 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1844845,799 \\ 5101368,522 \\ 3354663,858 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,248386 & -0,3070863 & 0,918696 \\ 0,777502 & -0,6288802 & 0 \\ -0,57775 & -0,7142883 & -0,39497 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1845806,41 \\ 5101246,677 \\ 3354314,891 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,248388 & -0,3070842 & 0,918696 \\ 0,777497 & -0,6288861 & 0 \\ -0,577755 & -0,7142839 & -0,39496 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1845806,579 \\ 5101245,819 \\ 3354314,199 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,248379 & -0,307074 & 0,918702 \\ 0,777498 & -0,6288858 & 0 \\ -0,577759 & -0,7142886 & -0,39495 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1845840,891 \\ 5101241,452 \\ 3354301,75 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,24838 & -0,3070733 & 0,918702 \\ 0,777496 & -0,6288878 & 0 \\ -0,57776 & -0,7142871 & -0,39495 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1845841,044 \\ 5101241,432 \\ 3354301,695 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,248372 & -0,307063 & 0,918708 \\ 0,777496 & -0,6288875 & 0 \\ -0,577764 & -0,7142918 & -0,39494 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1845874,778 \\ 5101235,465 \\ 3354288,195 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,248372 & -0,3070623 & 0,918708 \\ 0,777495 & -0,6288895 & 0 \\ -0,577766 & -0,7142903 & -0,39494 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1845874,931 \\ 5101235,445 \\ 3354288,14 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,248288 & -0,3069597 & 0,918765 \\ 0,777497 & -0,6288867 & 0 \\ -0,577799 & -0,7143369 & -0,39481 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1846217,792 \\ 5101190,902 \\ 3354163,191 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,248291 & -0,306957 & 0,918765 \\ 0,777491 & -0,6288946 & 0 \\ -0,577806 & -0,7143311 & -0,3948 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1846218,405 \\ 5101190,824 \\ 3354162,969 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,248271 & -0,3069333 & 0,918778 \\ 0,777491 & -0,628894 & 0 \\ -0,577814 & -0,7143419 & -0,39477 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1846297,351 \\ 5101179,909 \\ 3354133,729 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,248225 & -0,3069756 & 0,918777 \\ 0,777591 & -0,6287704 & 0 \\ -0,5777 & -0,7144325 & -0,39478 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1846287,786 \\ 5101181,131 \\ 3354137,195 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,24952 & -0,3077568 & 0,918164 \\ 0,776771 & -0,6297835 & 0 \\ -0,578245 & -0,713203 & -0,3962 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1842617,277 \\ 5101626,333 \\ 3355460,387 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,249216 & -0,3080333 & 0,918154 \\ 0,777422 & -0,6289788 & 0 \\ -0,577499 & -0,7137935 & -0,39622 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1842555,941 \\ 5101631,458 \\ 3355480,933 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,251241 & -0,3092487 & 0,917193 \\ 0,776143 & -0,6305565 & 0 \\ -0,578342 & -0,7118735 & -0,39844 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1836843,399 \\ 5102326,104 \\ 3357585,531 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,251243 & -0,3092463 & 0,917193 \\ 0,776138 & -0,6305634 & 0 \\ -0,578349 & -0,7118684 & -0,39844 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1836844,471 \\ 5102327,645 \\ 3357586,4 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} -0,250946 & -0,3088877 & 0,917396 \end{vmatrix} \quad \begin{vmatrix} 1838043,733 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \left| \begin{array}{ccc} 0,776145 & -0,6305541 & 0 \\ -0,578468 & -0,7120322 & -0,39798 \end{array} \right| \quad \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 5102184,687 \\ 3357142,348 \end{array} \right|$$

$$p2*R2*R3 \left| \begin{array}{ccc} -0,25095 & -0,3088843 & 0,917396 \\ 0,776137 & -0,630564 & 0 \\ -0,578477 & -0,7120249 & -0,39798 \end{array} \right| \quad \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 1838045,315 \\ 5102187,001 \\ 3357143,662 \end{array} \right|$$

$$p2*R2*R3 \left| \begin{array}{ccc} -0,250567 & -0,3084231 & 0,917655 \\ 0,776147 & -0,630552 & 0 \\ -0,578629 & -0,7122354 & -0,39738 \end{array} \right| \quad \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 1839588,375 \\ 5102002,622 \\ 3356575,423 \end{array} \right|$$

$$p2*R2*R3 \left| \begin{array}{ccc} -0,250575 & -0,3084163 & 0,917656 \\ 0,776131 & -0,6305718 & 0 \\ -0,578648 & -0,7122209 & -0,39738 \end{array} \right| \quad \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 1839590,691 \\ 5102004,845 \\ 3356576,467 \end{array} \right|$$

$$p2*R2*R3 \left| \begin{array}{ccc} -0,251768 & -0,3091295 & 0,917089 \\ 0,775377 & -0,6314989 & 0 \\ -0,579141 & -0,7110894 & -0,39868 \end{array} \right| \quad \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 1836228,623 \\ 5102409,333 \\ 3357821,626 \end{array} \right|$$

$$p2*R2*R3 \left| \begin{array}{ccc} -0,251697 & -0,3091938 & 0,917087 \\ 0,775528 & -0,6313131 & 0 \\ -0,578969 & -0,7112264 & -0,39869 \end{array} \right| \quad \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 1836215,41 \\ 5102410,903 \\ 3357826,541 \end{array} \right|$$

$$p2*R2*R3 \left| \begin{array}{ccc} -0,251936 & -0,3093364 & 0,916973 \\ 0,775377 & -0,6314985 & 0 \\ -0,579067 & -0,7109997 & -0,39895 \end{array} \right| \quad \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 1835542,393 \\ 5102490,664 \\ 3358077,107 \end{array} \right|$$

$$p2*R2*R3 \left| \begin{array}{ccc} -0,251739 & -0,3095155 & 0,916967 \\ 0,775798 & -0,630981 & 0 \\ -0,578589 & -0,7113812 & -0,39896 \end{array} \right| \quad \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 1835505,78 \\ 5102494,991 \\ 3358090,751 \end{array} \right|$$

$$p2*R2*R3 \left| \begin{array}{ccc} -0,251798 & -0,309551 & 0,916938 \\ 0,775761 & -0,6310271 & 0 \\ -0,578613 & -0,7113248 & -0,39903 \end{array} \right| \quad \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 1835338,409 \\ 5102514,759 \\ 3358153,137 \end{array} \right|$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,25176 & -0,3095858 & 0,916937 \\ 0,775843 & -0,6309266 & 0 \\ -0,57852 & -0,7113988 & -0,39903 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1835331,306 \\ 5102515,598 \\ 3358155,785 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,251999 & -0,3097283 & 0,916823 \\ 0,775692 & -0,6311119 & 0 \\ -0,578618 & -0,7111724 & -0,39929 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1834659,219 \\ 5102594,722 \\ 3358406,575 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,25196 & -0,309763 & 0,916822 \\ 0,775774 & -0,6310114 & 0 \\ -0,578525 & -0,7112464 & -0,3993 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1834652,157 \\ 5102595,552 \\ 3358409,213 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,25208 & -0,3098343 & 0,916765 \\ 0,775698 & -0,631104 & 0 \\ -0,578574 & -0,7111332 & -0,39943 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1834316,134 \\ 5102634,959 \\ 3358534,766 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,252041 & -0,309869 & 0,916764 \\ 0,77578 & -0,6310035 & 0 \\ -0,578481 & -0,7112072 & -0,39943 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1834309,38 \\ 5102636,584 \\ 3358537,924 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,252161 & -0,3099403 & 0,916707 \\ 0,775705 & -0,6310962 & 0 \\ -0,57853 & -0,711094 & -0,39956 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1833973,377 \\ 5102675,887 \\ 3358663,58 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,252086 & -0,310008 & 0,916705 \\ 0,775864 & -0,6309003 & 0 \\ -0,578349 & -0,7112383 & -0,39956 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1833959,686 \\ 5102677,487 \\ 3358668,703 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,252301 & -0,3101364 & 0,916602 \\ 0,775728 & -0,6310672 & 0 \\ -0,578438 & -0,7110342 & -0,3998 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1833354,285 \\ 5102748,042 \\ 3358895,388 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} -0,252118 & -0,3103015 & 0,916597 \end{vmatrix} \quad \begin{vmatrix} 1833321,093 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \left| \begin{array}{ccc} 0,776116 & -0,63059 & 0 \\ -0,577997 & -0,7113854 & -0,39981 \end{array} \right| \quad \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 5102751,901 \\ 3358907,827 \end{array} \right|$$

$$p2*R2*R3 \left| \begin{array}{ccc} -0,252159 & -0,3103257 & 0,916577 \\ 0,776091 & -0,6306215 & 0 \\ -0,578013 & -0,711347 & -0,39986 \end{array} \right| \quad \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 1833207,017 \\ 5102765,156 \\ 3358950,585 \end{array} \right|$$

$$p2*R2*R3 \left| \begin{array}{ccc} -0,25216 & -0,3103243 & 0,916577 \\ 0,776087 & -0,6306254 & 0 \\ -0,578017 & -0,7113441 & -0,39986 \end{array} \right| \quad \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 1833207,292 \\ 5102765,124 \\ 3358950,482 \end{array} \right|$$

$$p2*R2*R3 \left| \begin{array}{ccc} -0,252304 & -0,3104098 & 0,916509 \\ 0,775997 & -0,6307366 & 0 \\ -0,578076 & -0,7112082 & -0,40001 \end{array} \right| \quad \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 1832804,257 \\ 5102811,861 \\ 3359101,646 \end{array} \right|$$

$$p2*R2*R3 \left| \begin{array}{ccc} -0,252277 & -0,3104342 & 0,916508 \\ 0,776054 & -0,6306662 & 0 \\ -0,578011 & -0,71126 & -0,40002 \end{array} \right| \quad \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 1832799,384 \\ 5102812,426 \\ 3359103,475 \end{array} \right|$$

$$p2*R2*R3 \left| \begin{array}{ccc} -0,252695 & -0,3106833 & 0,916309 \\ 0,775791 & -0,6309903 & 0 \\ -0,578182 & -0,7108637 & -0,40047 \end{array} \right| \quad \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 1831623,915 \\ 5102947,91 \\ 3359545,252 \end{array} \right|$$

$$p2*R2*R3 \left| \begin{array}{ccc} -0,252696 & -0,310682 & 0,916309 \\ 0,775788 & -0,6309942 & 0 \\ -0,578185 & -0,7108608 & -0,40047 \end{array} \right| \quad \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 1831624,186 \\ 5102947,879 \\ 3359545,15 \end{array} \right|$$

$$p2*R2*R3 \left| \begin{array}{ccc} -0,253031 & -0,3108812 & 0,916149 \\ 0,775577 & -0,6312534 & 0 \\ -0,578322 & -0,7105435 & -0,40084 \end{array} \right| \quad \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 1830683,805 \\ 5103055,382 \\ 3359899,533 \end{array} \right|$$

$$p2*R2*R3 \left| \begin{array}{ccc} -0,253032 & -0,3108805 & 0,916149 \\ 0,775575 & -0,6312553 & 0 \\ -0,578324 & -0,7105421 & -0,40084 \end{array} \right| \quad \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 1830683,94 \\ 5103055,367 \\ 3359899,482 \end{array} \right|$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,253079 & -0,3109089 & 0,916126 \\ 0,775545 & -0,6312924 & 0 \\ -0,578343 & -0,7104967 & -0,40089 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1830549,6 \\ 5103070,661 \\ 3359950,178 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,25308 & -0,3109082 & 0,916126 \\ 0,775543 & -0,6312943 & 0 \\ -0,578345 & -0,7104953 & -0,40089 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1830550,021 \\ 5103071,445 \\ 3359950,654 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,253499 & -0,311157 & 0,915926 \\ 0,77528 & -0,6316181 & 0 \\ -0,578515 & -0,7100985 & -0,40135 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1829374,54 \\ 5103204,579 \\ 3360394,987 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,253499 & -0,3111563 & 0,915926 \\ 0,775278 & -0,6316201 & 0 \\ -0,578517 & -0,7100971 & -0,40135 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1829374,673 \\ 5103204,564 \\ 3360394,937 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,253617 & -0,3112259 & 0,91587 \\ 0,775204 & -0,6317107 & 0 \\ -0,578565 & -0,7099859 & -0,40148 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1829045,421 \\ 5103241,634 \\ 3360519,633 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,253618 & -0,3112249 & 0,91587 \\ 0,775202 & -0,6317137 & 0 \\ -0,578567 & -0,7099837 & -0,40148 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1829045,617 \\ 5103241,612 \\ 3360519,559 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,254006 & -0,3114549 & 0,915684 \\ 0,774958 & -0,6320132 & 0 \\ -0,578724 & -0,7096162 & -0,4019 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1827957,571 \\ 5103363,427 \\ 3360932,377 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,254006 & -0,3114546 & 0,915684 \\ 0,774957 & -0,6320142 & 0 \\ -0,578725 & -0,7096155 & -0,4019 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1827957,639 \\ 5103363,42 \\ 3360932,351 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} -0,254054 & -0,3114829 & 0,915661 \end{vmatrix} \quad \begin{vmatrix} 1827823,298 \end{vmatrix}$$

$$p2^*R2^*R3 \left| \begin{array}{ccc} 0,774927 & -0,6320512 & 0 \\ -0,578745 & -0,7095701 & -0,40195 \end{array} \right| \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 5103378,387 \\ 3360983,401 \end{array} \right|$$

$$p2^*R2^*R3 \left| \begin{array}{ccc} -0,254055 & -0,3114823 & 0,915661 \\ 0,774925 & -0,6320531 & 0 \\ -0,578746 & -0,7095686 & -0,40195 \end{array} \right| \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 1827823,429 \\ 5103378,372 \\ 3360983,352 \end{array} \right|$$

$$p2^*R2^*R3 \left| \begin{array}{ccc} -0,254234 & -0,3115887 & 0,915575 \\ 0,774812 & -0,6321918 & 0 \\ -0,578819 & -0,7093984 & -0,40215 \end{array} \right| \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 1827319,65 \\ 5103434,356 \\ 3361174,945 \end{array} \right|$$

$$p2^*R2^*R3 \left| \begin{array}{ccc} -0,254235 & -0,311588 & 0,915575 \\ 0,77481 & -0,6321937 & 0 \\ -0,578821 & -0,7093969 & -0,40215 \end{array} \right| \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 1827319,781 \\ 5103434,342 \\ 3361174,895 \end{array} \right|$$

$$p2^*R2^*R3 \left| \begin{array}{ccc} -0,254355 & -0,3116589 & 0,915518 \\ 0,774735 & -0,6322861 & 0 \\ -0,578869 & -0,7092834 & -0,40228 \end{array} \right| \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 1826983,928 \\ 5103471,539 \\ 3361302,76 \end{array} \right|$$

$$p2^*R2^*R3 \left| \begin{array}{ccc} -0,254347 & -0,3116659 & 0,915517 \\ 0,774751 & -0,6322661 & 0 \\ -0,578851 & -0,7092982 & -0,40228 \end{array} \right| \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 1826982,609 \\ 5103471,685 \\ 3361303,263 \end{array} \right|$$

$$p2^*R2^*R3 \left| \begin{array}{ccc} -0,254587 & -0,3118077 & 0,915402 \\ 0,774601 & -0,6324508 & 0 \\ -0,578947 & -0,7090712 & -0,40254 \end{array} \right| \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 1826310,913 \\ 5103545,775 \\ 3361559,318 \end{array} \right|$$

$$p2^*R2^*R3 \left| \begin{array}{ccc} -0,254588 & -0,3118063 & 0,915402 \\ 0,774597 & -0,6324548 & 0 \\ -0,578951 & -0,7090683 & -0,40254 \end{array} \right| \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 1826311,171 \\ 5103545,746 \\ 3361559,22 \end{array} \right|$$

$$p2^*R2^*R3 \left| \begin{array}{ccc} -0,255068 & -0,3120896 & 0,915172 \\ 0,774296 & -0,6328242 & 0 \\ -0,579143 & -0,7086139 & -0,40306 \end{array} \right| \text{G.L.} \left| \begin{array}{c} 1824967,783 \\ 5103692,717 \\ 3362072,641 \end{array} \right|$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,25506 & -0,3120966 & 0,915172 \\ 0,774312 & -0,6328041 & 0 \\ -0,579125 & -0,7086287 & -0,40306 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1824966,489 \\ 5103692,858 \\ 3362073,136 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,255216 & -0,3121887 & 0,915097 \\ 0,774214 & -0,6329241 & 0 \\ -0,579187 & -0,708481 & -0,40323 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1824529,896 \\ 5103740,275 \\ 3362240,373 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,255214 & -0,3121905 & 0,915097 \\ 0,774218 & -0,6329189 & 0 \\ -0,579182 & -0,7084849 & -0,40323 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1824529,847 \\ 5103741,112 \\ 3362241,028 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,255622 & -0,312431 & 0,914901 \\ 0,773962 & -0,6332326 & 0 \\ -0,579345 & -0,7080984 & -0,40368 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1823387,997 \\ 5103864,317 \\ 3362679,288 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,255622 & -0,3124307 & 0,914901 \\ 0,773961 & -0,6332337 & 0 \\ -0,579346 & -0,7080976 & -0,40368 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1823388,062 \\ 5103864,31 \\ 3362679,263 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,255742 & -0,3125014 & 0,914844 \\ 0,773885 & -0,6333259 & 0 \\ -0,579394 & -0,7079839 & -0,40381 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1823052,226 \\ 5103900,325 \\ 3362808,403 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,25574 & -0,3125032 & 0,914844 \\ 0,773889 & -0,6333207 & 0 \\ -0,579389 & -0,7079878 & -0,40381 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1823049,893 \\ 5103894,759 \\ 3362804,84 \end{vmatrix}$$

$$p2*R2*R3 \begin{vmatrix} -0,260459 & -0,3152572 & 0,912565 \\ 0,770927 & -0,6369237 & 0 \\ -0,581234 & -0,7035205 & -0,40893 \end{vmatrix} \quad \text{G.L.} \begin{vmatrix} 1809899,495 \\ 5105224,415 \\ 3367947,528 \end{vmatrix}$$

## ANEXO V

### CÁLCULO DE COORDENADAS EN EL SISTEMA ASTRONÓMICO LOCAL

#### Cálculo de la Desviación de la Vertical del Lugar

Valores de los puntos obtenidos de la carta gravimétrica de Anomalías por Aire Libre.

Se realizó una malla con un valor de  $h=17$  en Y y con un valor de  $h=4$  en X.

Se tomó el valor central del lote minero para calcular la desviación de la vertical del lugar de la zona.

Se tomó el valor central del lote minero para calcular la desviación de la vertical del lugar de la zona.

Puntos	Valor
Y0	-5
Y1	-7
Y2	-15

NODO 2	
Puntos	Valor
Y0	-7
Y1	-7,5
Y2	-8

NODO 3	
Puntos	Valor
Y0	2
Y1	8
Y2	2

NODO 4	
Puntos	Valor
Y0	-16
Y1	-18
Y2	-24

NODO 5	
Puntos	Valor
Y0	-3
Y1	-16
Y2	-20

NODO 1	
Puntos	Valor
X0	-3
X1	-7
X2	-10

NODO 2	
Puntos	Valor
X0	-7
X1	-7,5
X2	-12

NODO 3	
Puntos	Valor
X0	6
X1	8
X2	9

NODO 4	
Puntos	Valor
X0	-16
X1	-18
X2	-23

NODO 5	
Puntos	Valor
X0	-19
X1	-16
X2	-8

## Cálculo de la Desviación de la Vertical del Lugar

### Cálculo de la Anomalía de Perturbación

Se resta el valor de la Corrección por Aire Libre a cada valor de las tablas anteriores según las cotas en cada punto.

NODO 1		Cota
Puntos	Valor	
Y0	-85,64	224
Y1	-87,64	224
Y2	-95,64	224
h=	3	

NODO 2		Cota
Puntos	Valor	
Y0	-77,56	196
Y1	-78,06	196
Y2	-78,56	196
h=	3	

NODO 3		Cota
Puntos	Valor	
Y0	-48,76	141
Y1	-42,76	141
Y2	-48,76	141
h=	3	

NODO 4		Cota
Puntos	Valor	
Y0	-95	219
Y1	-97	219
Y2	-103	219
h=	3	

NODO 5		Cota
Puntos	Valor	
Y0	-91,92	247
Y1	-104,9	247
Y2	-108,9	247
h=	3	

NODO 1		Cota
Puntos	Valor	
X0	-3	
X1	-7	
X2	-10	
h=	3	

NODO 2		Cota
Puntos	Valor	
X0	-7	
X1	-7,5	
X2	-12	
h=	3	

NODO 3		Cota
Puntos	Valor	
X0	6	
X1	8	
X2	9	
h=	3	

NODO 4		Cota
Puntos	Valor	
X0	-16	
X1	-18	
X2	-23	
h=	3	

NODO 5		Cota
Puntos	Valor	
X0	-19	
X1	-16	
X2	-8	
h=	3	

$$\nabla g = 0,36$$

$$\text{C.A.L. } (\nabla g * \text{Cota})$$

Nota: El valor de "h" es el intervalo de separación entre los nodos de la cuadrícula, sobre una carta gravimétrica el valor de la cota se obtiene de una carta topográfica.

Posteriormente se calcula la derivada numérica de cada nodo, ocupando los tres puntos obtenidos por nodo en las direcciones X e Y.

**Cálculo de la derivada numérica en cada nodo**

Nodo	dΔg/dx	dΔg/dy
1	-1,1667	-1,667
2	-0,8333	-0,167
3	0,5	0
4	-1,1667	-1,333
5	1,8333	-2,833

Se promediarán los valores anteriores con la finalidad de obtener un valor de la Anomalía de perturbación para esa zona.

Anomalía de perturbación

$$d\Delta g/dx = -0,2$$

$$d\Delta g/dy = -1,2$$

**Cálculo de las componentes de la desviación de la vertical del lugar.**

$$\xi'' = -(0,1051r_0 + 0,12 \times 10^{-7} r_0^2) \frac{d\Delta g_0}{dy}$$

$$\xi'' = 18,918$$

$$r_0 = 150$$

$$\eta'' = -(0,1051r_0 + 0,12 \times 10^{-7} r_0^2) \frac{d\Delta g_0}{dy}$$

$$\eta'' = 2,6275$$

---

*"La mente que se abre a una nueva idea  
jamás volverá a su tamaño original"*

*-Albert Einstein-*

---