



SECTOR ENERGIA Y MINAS

# CARGO



## INFORME N° 275-2016-INGEMMET/DC/UCM

INGEMMET Presidencia del Consejo Directivo <b>RECIBIDO</b>	
26 MAYO 2016	
REGISTRO	HORA 3:50

A : Ing. HENRY LUNA CORDOVA  
Director de Catastro Minero  
INGEMMET

ASUNTO : Transformación al Sistema Geodésico Horizontal Oficial (WGS 84) de las coordenadas UTM de los vértices de los petitorios mineros, de las concesiones mineras, de las concesiones de beneficio, de labor general y de transporte minero que tengan coordenadas UTM referidas al PSAD 56 y la metodología utilizada.

REFERENCIA : Ley N° 30428

---

En cumplimiento a lo establecido en la Ley N° 30428, Ley que Oficializa el Sistema de Cuadrículas Mineras en Coordenadas UTM WGS 84, informamos a usted lo siguiente:

### 1. OBJETO

Presentar la metodología que sustenta la transformación al Sistema Geodésico Horizontal Oficial (WGS 84) de las coordenadas UTM de los vértices de los petitorios mineros, de las concesiones mineras, de las concesiones de beneficio, de labor general y de transporte minero que tengan coordenadas UTM referidas al Sistema Local Provisional para Sudamérica 1956 (PSAD 56) y en ANEXO el listado de coordenadas UTM de sus vértices transformadas al Sistema Geodésico Horizontal Oficial (WGS 84) y las correspondientes al PSAD 56.

### 2. ANTECEDENTES

A finales de los años 90 y primera década del 2000, el Registro Público de Minería (RPM), posteriormente Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero (INACC), y actualmente Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), efectuó una serie de investigaciones basadas en observaciones de campo y cálculo de gabinete, concluyendo que el sistema de medición a través de la percepción remota desde satélites artificiales GPS resulta ser el más preciso, económico y simple para la ubicación de los derechos mineros.

En aquel entonces, formaban parte del catastro minero no oficial del país un sin número de derechos mineros cuyas coordenadas UTM eran obtenidas mediante diligencias periciales que utilizaban GPS establecidos bajo el sistema WGS 84; las cuales eran convertidas al sistema PSAD 56 utilizando fórmulas de transformación que consideran sólo tres parámetros.

Era necesario lograr mayor precisión en la determinación de coordenadas UTM para los derechos mineros, motivando que el INGEMMET desarrolle fórmulas de transformación del sistema WGS

84 al PSAD 56, para las 11 Zonas Catastrales mineras en las que fue dividido el territorio peruano. Estas fórmulas fueron oficializadas mediante los Decretos Supremos N° 051-99-EM y N° 001-2002-EM, publicadas en el Diario Oficial el Peruano el 20 de setiembre de 1999 y 10 de enero del 2002, respectivamente; las mismas que utilizan los denominados parámetros de HEIGHES aplicables para 11 Zonas Catastrales Mineras: 17E-II, 17E-III, 18E-V, 18E-VI, 18W-III, 18W-IV, 18W-V y 19W-VI; 18W-II, 18E-IV y 19W-V. (Ver anexo 01)

Paralelamente, la utilización de GPS se difundió masivamente para uso civil, y con ello un gran desarrollo de la cartografía satelital, empleando precisamente el sistema WGS 84, lo cual llevó a que las instituciones a nivel mundial masifiquen la utilización la información georeferenciada al WGS 84. Asimismo, el Instituto Geográfico Nacional (IGN), organismo rector de la cartografía en el país, decidió mediante Resolución Jefatural N° 079-2006-IGN/OAJ/DGC y Resolución N° 086-2011-IGN/OAJ/DGC oficializar el uso de la cartografía en base a WGS 84, disponiendo la conversión progresiva pero obligatoria de toda la información cartográfica en el país, la cual culminó en mayo de 2011.

De manera que en el país se estableció un nuevo Sistema de referencia Geodésico Oficial de uso obligatorio para las entidades públicas y privadas con fines específicos, en base a la cartografía WGS 84, y con la dación de la Ley N° 30428, Ley que Oficializa el Sistema de Cuadrículas Mineras en Coordenadas UTM WGS 84, se hace necesario determinar los parámetros de transformación más precisos con el fin de adecuar el Catastro Minero Nacional al nuevo Sistema de Referencia Geodésico.

En la actualidad, el Catastro Minero Nacional tiene como cartografía base la Carta Nacional a escala 1:100,000 elaborada por el Instituto Geográfico Nacional con el sistema de referencia geodésico PSAD 56 y las concesiones mineras poseen coordenadas referidas a este sistema, cuya vigencia ha finalizado.

En este contexto, el INGEMMET propone los Parámetros Zonales Inversos de Heighes como la metodología más apropiada para transformar el Catastro Minero Nacional al sistema oficial WGS 84, la misma que se desarrolla en el presente informe.

### **3. BASE LEGAL**

- **Ley N° 30428**, que oficializa el Sistema de Cuadrículas Mineras en Coordenadas UTM WGS 84.
- **Ley N° 26615, Ley del Catastro Minero Nacional**, que crea el Catastro Minero Nacional, el cual comprende a) El Sistema de Cuadrículas a que se refiere el artículo 11 del Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, aprobado por Decreto Supremo N° 014-92-EM. b) Las concesiones mineras vigentes otorgadas y las que se otorguen como consecuencia de denuncios formulados al amparo de legislaciones anteriores al Decreto Legislativo N° 708, que cuenten con coordenadas Universal Transversal Mercator (UTM) definitivas según lo dispuesto en la presente Ley. c) Las concesiones mineras vigentes otorgadas y que se otorguen al amparo del TUO y que cuenten con resolución consentida. d) Las concesiones de beneficio, de labor general y de transporte minero que cuenten con coordenadas UTM definitivas, según lo dispuesto en la presente Ley.

- **Decreto Supremo N° 001-2002-EM**, que Oficializa las fórmulas de Transformación con 13 parámetros para la conversión de Coordenadas UTM del Sistema WGS 84 al PSAD 56, establecidas para 03 Zonas Catastrales Mineras del territorio peruano.
- **Decreto Supremo N° 051-99-EM**, que Oficializa las Fórmulas de Transformación con 13 parámetros para la conversión de coordenadas UTM del Sistema WGS 84 al PSAD 56 establecidas para ocho Zonas Catastrales Mineras del territorio peruano.
- **Decreto Supremo N° 014-92-EM**, que aprueba el **Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería**.
- **Resolución Jefatural N° 086-2011-IGN/OAJ/DGC**, que da por concluido el período de conversión progresivo establecido en el artículo sexto de la Resolución Jefatural N° 079-2006-IGN/OAJ/DGC, finiquitando, por tanto, la vigencia y uso del sistema local geodésico Provisional Sudamericano 1956 – PSAD 56.
- **Resolución Jefatural N° 112-2006-IGN/OAJ/DGC/J**, que establece como Sistema de Proyección Cartográfico para la República del Perú el Sistema Universal Transverse Mercator (UTM).
- **Resolución Jefatural N° 079-2006-IGN/OAJ/DGC**, que denomina Sistema Geodésico Oficial al conjunto conformado por la Red Geodésica Horizontal Oficial y la Red Geodésica Vertical Oficial, que están a cargo del Instituto Geográfico Nacional, el cual constituye el sistema de referencia único a nivel nacional integrado a los Sistemas de Referencia Mundiales.

Asimismo, constituye como Red Geodésica Horizontal Oficial a la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN), a cargo del Instituto Geográfico Nacional, la misma que tiene como base el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS).

Dispone que las redes geodésicas de las entidades públicas y privadas que se establezcan con fines específicos, tendrán que estar referidas al Sistema Geodésico Oficial. También que las personas jurídicas y naturales que realicen levantamientos geodésicos, topográficos y otras actividades que involucren la localización geoespacial en el ámbito del territorio nacional, deberán referirlos al Sistema Geodésico Oficial.

- **Resolución Ministerial N° 320-91-EM-DGM**, que aprueba con carácter oficial la determinación del Sistema de Cuadrículas elaborado por la División de Catastro y Padrón Minero de la Dirección de Concesiones Mineras, sobre la base de las Cartas Nacionales del Instituto Geográfico Nacional.

#### **4. METODOLOGÍA UTILIZADA EN LA TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS DEL CATASTRO MINERO DEL PSAD 56 AL WGS 84**

La metodología propuesta toma como punto de partida la fórmula y parámetros oficializados mediante los Decretos Supremos N°051-99-EM y N°001-2002-EM, publicados en el Diario Oficial el Peruano el 20 de setiembre de 1999 y el 10 de enero del 2002, respectivamente.

La metodología que desarrolla el INGEMMET para cumplir con lo establecido en el artículo 2 de la

Ley N° 30428, respecto a la transformación al Sistema Geodésico Horizontal Oficial WGS 84 de las coordenadas UTM de los vértices de los petitorios mineros, de las concesiones mineras, de las concesiones de beneficio, de labor general y de transporte minero que tengan coordenadas UTM referidas al PSAD 56, es la siguiente:

- a) El uso de 13 Parámetros Zonales Inversos de Heighes para los derechos mineros ubicados en las Zonas Catastrales Mineras definidas en los Decretos Supremos N° 051-99-EM y N° 001-2002-EM.
- b) En los límites de las Zonas Catastrales Mineras definidas en los Decretos Supremos N° 051-99-EM y N° 001-2002-EM, previo a la aplicación de los 13 parámetros zonales inversos de Heighes, se utilizan "puntos de colindancia" a fin de mantener la colindancia entre los polígonos adyacentes de los derechos mineros.
- c) El uso del algoritmo de Molodensky de tres parámetros en las zonas del territorio peruano no comprendidas en los Decretos Supremos N° 051-99-EM y N° 001-2002-EM.

#### **4.1 Metodología utilizando los 13 parámetros zonales inversos de Heighes**

Inicialmente la aplicación de la tecnología GPS para derechos mineros en el Perú, suponía encontrar el procedimiento adecuado para transformar coordenadas WGS 84 al sistema local PSAD 56 existente, con este fin se trató de obtener parámetros de transformación aplicando las fórmulas de Molodensky, Helmert, Bursa-Wolf y Molodensky-Badekas.

Las áreas de estudio fueron variando en extensión de acuerdo a los resultados logrados, por lo que se optó por zonificar el país estableciendo áreas transversales con parámetros específicos en cada una de ellas, este criterio aportaba un notable incremento en la precisión.

Finalmente se establecieron áreas conocidas como Zonas Catastrales Mineras, coincidentes a los lugares donde existe la mayor densidad de derechos mineros, definidas como superficies de 3° de latitud y 3° de longitud aproximadamente, aplicando el **Modelo de Heighes** utilizado actualmente para transformar coordenadas WGS 84 al PSAD 56.

Las fórmulas de transformación desarrolladas por el INGEMMET con los parámetros zonales de HEIGHES para transformar las coordenadas de los derechos mineros del sistema WGS 84 al PSAD 56, en las Zonas Catastrales Mineras 17E-II, 17E-III, 18E-V, 18E-VI, 18W-III, 18W-IV, 18W-V y 19W-VI; 18W-II, 18E-IV y 19W-V, oficializados mediante los Decretos Supremos N°051-99-EM y N°001-2002-EM, logran precisiones menores a dos metros en la ubicación de los derechos mineros, superando a otros modelos estudiados, cumpliendo con los requerimientos que permiten adaptar la tecnología GPS a las diligencias periciales del Catastro Minero.

El modelo de Heighes es el que mejor precisión da en cuanto a transformación de puntos, su aplicación alcanza solo a 11 Zonas Catastrales Mineras que cuentan con la infraestructura geodésica básica para el cálculo de dichos parámetros. Los resultados de los trabajos realizados con este fin, fueron refrendados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) a través de comprobación en campo realizada conjuntamente con el Registro Público de Minería, hoy INGEMMET, la que concluyó con la oficialización de su uso para los derechos mineros.

El sistema de transformación de 13 parámetros zonales de Heighes y software creado por el INGEMMET, ha sido diseñado y estructurado para trabajar con valores de coordenadas individuales o de una base de datos de coordenadas, con las precisiones que requiere el Catastro Minero, no se aplica en la transformación de polígonos en formato vectorial, tampoco se aplica para transformar planos o cartas en formato vectorial y/o raster como la Carta Nacional.

El **modelo directo de Heighes** o modelo de 13 parámetros utilizado para transformar coordenadas del sistema WGS 84 al PSAD 56, considera 09 elementos en la matriz de rotación, 03 elementos en el vector desplazamiento y el factor de escala que suman trece parámetros para efectuar la transformación. Matricialmente adopta la siguiente forma:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_{PSAD56} = \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} u_1 & v_1 & w_1 \\ u_2 & v_2 & w_2 \\ u_3 & v_3 & w_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_{WGS84}$$

#### 4.1.1 Descripción de la metodología utilizando los 13 parámetros zonales inversos de Heighes

La metodología que se explica en el presente informe se desarrolló ejecutando las siguientes tareas:

- a. Recopilación de información
- b. Análisis del modelo
- c. Cálculo de Parámetros Zonales Inversos de Heighes
- d. Comprobación de Parámetros Zonales Inversos de Heighes
- e. Aplicación al Catastro Minero Nacional

##### a. Recopilación de Información

Para desarrollar los Parámetros Zonales Inversos de Heighes, ha sido necesario hacer un trabajo previo de investigación, que ha involucrado la recolección de información general, revisión de estudios realizados, textos, publicaciones oficiales, información sobre experiencias desarrolladas en otros países con los instrumentos técnicos aplicados específicamente para el cambio de datum, entre otros.

Específicamente, se ha revisado los informes técnicos de trabajos realizados por Registro Público de Minería (RPM) e Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero (INACC) acerca de obtención de los parámetros de transformación del sistema WGS 84 al PSAD 56.

También se recolectó e hizo comprobaciones de puntos geodésicos de primer orden establecidos por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Instituto

Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) mediante poligonales clásicas ejecutadas durante el estudio de parámetros zonales.

**b. Análisis del modelo.**

Partiendo del modelo directo WGS 84 → PSAD 56

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_{PSAD56} = \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} u_1 & v_1 & w_1 \\ u_2 & v_2 & w_2 \\ u_3 & v_3 & w_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_{WGS84}$$

su equivalente vectorial:

$$\approx X_{56} = X_0 + \lambda AX_{84}$$

Despejando:

$$X_{84} = -\lambda^{-1}A^{-1}X_0 + \lambda^{-1}A^{-1}X_{56}$$

Se obtiene:

$$X_{84} = X_0^* + \lambda^* A^* X_{56}$$

Donde :

$$X_0^* = -\lambda^{-1}A^{-1}X_0, \quad \lambda^* = \lambda^{-1}, \quad A^* = A^{-1}$$

En forma matricial tenemos:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_{84} = \begin{pmatrix} m_1 \\ m_2 \\ m_3 \end{pmatrix} + m_{13} \begin{pmatrix} m_4 & m_5 & m_6 \\ m_7 & m_8 & m_9 \\ m_{10} & m_{11} & m_{12} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_{56}$$

Dónde:

- |                           |                                  |
|---------------------------|----------------------------------|
| $m_4, m_5, \dots, m_{12}$ | : constantes de rotación         |
| $m_1, m_2, \dots, m_3$    | : constantes de traslación       |
| $m_{13}$                  | : factor de escala               |
| $X_{56}, Y_{56}, Z_{56}$  | : coordenadas cartesianas PSAD56 |
| $X_{84}, Y_{84}, Z_{84}$  | : coordenadas cartesianas WGS84  |

Así se obtiene la ecuación vectorial y matricial de un punto para determinar las coordenadas en WGS 84, en función de las coordenadas PSAD 56 (parámetros zonales inversos de Heighes)

**c. Cálculo de parámetros zonales inversos de Heighes**

El problema es determinar  $X_0^*$ ,  $\lambda^*$  y  $A^*$ .

Determinando la matriz  $A^*$ .

En general sea A una matriz cuadrada no singular cuya inversa se busca. Se le adosa por derecha la matriz unidad del mismo orden, y se tendrá una nueva matriz de n filas y 2n columnas del siguiente aspecto.

$$A|I = \left[ \begin{array}{cccccc|cccc} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{array} \right]$$

Si se multiplica por izquierda por  $A^{-1}$  este arreglo se tiene

$$A^{-1}(A|I) = I|A^{-1}$$

Dado que  $A^{-1}$  no es conocida, la idea central del método en consideración es efectuar transformaciones sobre el arreglo hasta que el mismo tenga, a su izquierda, la matriz unidad de orden n en cuyo caso tendrá, a su derecha, la matriz  $A^{-1}$  buscada. Para esto, por sucesivas transformaciones en los elementos de A, cuyos efectos se prolonguen sobre la matriz unidad agregada, se busca la obtención de 1 (unos) en la diagonal principal de A y 0(ceros) en el resto de las posiciones de esta matriz.

Se describe a continuación los pasos de cálculo necesarios para esas transformaciones.

**Paso 1º:** Matriz dada, ampliada con la matriz unidad del mismo orden

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

**Paso 2º:** División de la primera fila por  $a_{11}$  llamado pivote. Naturalmente el pivote no debe ser nulo.

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12}/a_{11} & a_{13}/a_{11} & \dots & a_{1n}/a_{11} & 1/a_{11} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

**Paso 3º:** Multiplicación de la primera fila del segundo paso por  $a_{21}$

$$\begin{bmatrix} a_{21} & a_{21}a_{12}/a_{11} & a_{21}a_{13}/a_{11} & \dots & a_{21}a_{1n}/a_{11} & a_{21}/a_{11} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

El procedimiento continúa con la matriz hasta obtener a la izquierda la matriz identidad.

Un pseudo código que nos permitirá llevar a un programa para obtener la matriz inversa es:

$$a_{ij}^{(k)} = a_{ij}^{(k-1)} - \frac{a_{ik}^{(k-1)} a_{kj}^{(k-1)}}{a_{kk}^{(k-1)}}$$

Todo elemento que no esté en la fila o columna del pivote se modifica según la expresión anterior. Al finalizar, en el lugar de A, estará A<sup>-1</sup>.

$$X_0^* = \lambda^{-1} A^{-1} X_0 \text{ y } \lambda^* = \lambda^{-1}.$$

A partir de las relaciones establecidas entre ambos sistemas de referencia, se obtienen los parámetros inversos de Heighes, para el cálculo podemos apoyarnos con el software matemático **MATLAB** (MATrix LABoratory).

Estos parámetros son propios para cada una de las once zonas catastrales mineras establecidas previamente para el estudio de parámetros directos.

A continuación se desarrolla un ejemplo de cálculo de parámetros inversos:

Como dato se tiene los parámetros de transformación del sistema WGS 84 al PSAD 56, de la zona catastral minera 17E-II

```
m(1) = 5935.3829620925
m(2) = -209.02171565565
m(3) = -3806.11533373916
m(4) = 0.99981129371
m(5) = -0.00086819103
m(6) = -0.00007609073
m(7) = -0.00002920929
m(8) = 1.00003081888
m(9) = 0.00006888787
m(10) = 0.00010547369
m(11) = 0.00052829083
m(12) = 0.99999628951
m(13) = 1.00003722672
```

```
clc
format long
asignando valores a la matriz A
```

```
A=[m(4) m(5) m(6);m(7) m(8) m(9);m(10) m(11) m(12)];
```

**Procedimiento de cálculo de la matriz inversa**

```
B=inv(A);  
%delta=-B*[m(1) m(2) m(3)]'
```

#### **Procedimiento de cálculo del vector desplazamiento**

```
delta=-1/m(13)*B*[m(1) m(2) m(3)]'  
format long  
delta=delta;  
%delta(:,1)  
%delta=-B*[No Eo Ho]'
```

#### **Resultados de calcular los parámetros inversos.**

```
B(1,:)'  
B(2,:)'  
B(3,:)'  
1/m(13)
```

Estos son los **parámetros inversos** calculados:

```
m(1) = -5936.03239132066  
m(2) = 208.57966848142  
m(3) = 3806.6453627728  
m(4) = 1.00018875925133  
m(5) = 0.00086828797525  
m(6) = 0.00007604556049  
m(7) = 0.00002922117128  
m(8) = 0.9999692438281  
m(9) = -0.00006888378341  
m(10) = -0.0001055094279  
m(11) = -0.00052836812384  
m(12) = 1.00000373887374  
m(13) = 0.999962774665777
```

- En Anexo 02 se adjunta los parámetros zonales inversos de Heighes para las 11zonas catastrales mineras

#### **d. Comprobación de parámetros zonales inversos de Heighes**

El Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Registro Público de Minería (RPM) hoy INGEMMET, realizaron trabajos conjuntos a fin de comprobar los parámetros de Heighes para la transformación del sistema WGS 84 al PSAD 56, estos trabajos se realizaron en dos campañas en los años 1999 y 2001.

En la primera campaña el IGN eligió 17 señales de la Red Geodésica Nacional (PSAD 56), de las cuales 16 puntos de primer orden y uno de segundo orden.

En la segunda campaña el IGN eligió 6 señales, de las cuales 4 señales son de la Red Geodésica Nacional (PSAD 56), (3 puntos de primer orden, uno de segundo orden) y 2 señales que son de las poligonales realizadas por el Registro Público de Minería hoy INGEMMET.

Para la comprobación de los Parámetros Zonales Inversos (PSAD 56 al WGS 84) se hace uso de los 20 puntos (18 de primer orden del IGN y 2 de las poligonales realizadas por el Registro Público de Minería) que en esa época sirvieron para la comprobación directa (WGS 84 al PSAD 56).

#### **Características de los puntos.**

- Son puntos de primer orden de la Red Geodésica Nacional con coordenadas UTM PSAD 56 establecidos por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), así como de poligonales realizadas por el Registro Público de Minería.
- Las coordenadas WGS 84 de estos puntos seleccionados de la Red Geodésica Nacional se establecieron mediante observaciones con equipos GPS de doble frecuencia desde 04 estaciones master que se instalaron sobre puntos de la red SIRGAS; éstas señales de comprobación y las estaciones master fueron propuestas por el IGN.
- Haciendo la comparación de valores, se determinó las discrepancias entre las coordenadas WGS 84 determinadas en campo frente a las coordenadas WGS 84 calculadas con los Parámetros Zonales Inversos de Heighes.

## CUADRO DE COMPROBACION DE PARAMETROS INVERSOS

PUNTOS GEODESICOS	COORDENADAS WGS 84 ESTABLECIDAS EN CAMPO		COORDENADAS WGS84 TRANSFORMADAS CON PARAMETROS INVERSOS DE HEIGHES		DISCREPANCIAS (metros)		
	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	$\Delta E$	$\Delta N$	RESULTANTE (distancia entre los puntos)
LADERAS	283,024.24	8,070,280.75	283,023.76	8,070,280.54	0.47	0.21	0.52
LEON	712,513.52	8,174,819.50	712,514.83	8,174,819.03	1.30	0.47	1.39
PALCA	401,975.32	8,032,434.74	401,975.69	8,032,436.02	0.37	1.28	1.33
AYABACAS B. SUR	385,066.94	8,294,225.99	385,067.12	8,294,226.90	0.18	0.90	0.92
ALTO PISCO	376,465.73	8,497,791.53	376,465.56	8,497,791.90	0.17	0.37	0.41
ANTA B.W.	798,951.72	8,508,328.47	798,951.29	8,508,327.98	0.43	0.49	0.65
MANCARCHUCUNA	482,655.79	8,504,478.45	482,656.54	8,504,476.61	0.76	1.84	1.99
CERRO DE PASCO S. E.	382,559.29	8,791,421.15	382,559.26	8,791,420.86	0.03	0.29	0.30
CHIMBOTE S.E.	778,380.09	8,983,228.94	778,379.44	8,983,230.57	0.65	1.63	1.75
TINGO MARIA B.N.	392,180.59	8,985,381.86	392,181.58	8,985,380.20	0.98	1.66	1.93
PATMILCA	198,846.07	8,817,321.74	198,846.20	8,817,321.74	0.12	0.00	0.12
SHUPRO	360,740.04	8,853,210.37	360,740.34	8,853,210.91	0.30	0.55	0.63
PURGATORIO	628,061.56	9,279,319.41	628,061.44	9,279,319.60	0.12	0.19	0.22
MOYOBAMBA S.O.B.	256,504.15	9,332,567.86	256,504.34	9,332,567.47	0.20	0.39	0.43
JUANJUI S.E.	334,435.88	9,222,919.30	334,434.24	9,222,920.06	1.64	0.76	1.81
CRUZ DE CAÑA	572,512.05	9,433,038.04	572,511.52	9,433,037.26	0.53	0.79	0.95
SHUG	174,270.59	9,358,027.11	174,270.74	9,358,027.54	0.16	0.44	0.46
N.E.B. MOYOBAMBA	286,195.45	9,339,499.43	286,195.20	9,339,497.99	0.25	1.44	1.46
MACO	560,832.72	8,988,168.89	560,832.98	8,988,168.45	0.26	0.44	0.52
MAZUCO	351,698.65	8,551,306.15	351,698.90	8,551,305.31	0.25	0.83	0.87

Mínima distancia =0.12m. , Máxima distancia =1.99m. y el Promedio=0.93m.

En la comprobación de la precisión, el promedio de las diferencias entre coordenadas transformadas con parámetros inversos de Heighes y sus valores obtenidos por observaciones en campo, se encuentran por debajo de 1.00 m. Asimismo, las discrepancias o distancias entre los puntos levantados de campo en WGS 84 y los transformados con parámetros del PSAD 56 al WGS 84 es inferior a los 02 metros.

#### e. Aplicación al Catastro Minero

De los 45,183 derechos mineros vigentes a nivel nacional, 44,745 se ubican en las 11 zonas catastrales mineras comprendidas en los Decretos Supremos N° 051-99-EM y N° 001-2002-EM; las coordenadas UTM PSAD 56 de estos derechos mineros fueron transformadas a coordenadas UTM WGS 84 con los **Parámetros Zonales Inversos de Heighes**.

Las coordenadas UTM PSAD 56 de 07 denuncios y 33 concesiones mineras vigentes que no tienen coordenadas definitivas de acuerdo a la Ley 26615, a que se refiere la Tercera Disposición Complementaria final y Transitoria de la Ley N° 30428, fueron transformados a coordenadas UTM WGS 84 con los **Parámetros Zonales Inversos de Heighes**.

Asimismo, aplicando los **Parámetros Zonales Inversos de Heighes** se procedió a transformar las coordenadas UTM PSAD 56 de los 357 derechos mineros que tienen medida cautelar del Poder Judicial, conforme se registra en el SIDEMCAT.

En relación a los derechos mineros de los tres párrafos anteriores las precisiones de ubicación según el trabajo de campo realizado para algunas concesiones mineras que tienen hitos monumentados en el terreno, el promedio de diferencias de distancias entre las coordenadas de los vértices levantados de campo en WG S84 y los transformados con Parámetros Zonales Inversos de Heighes es inferior a los 02 metros.

En estas zonas comprendidas en los Decretos Supremos N° 051-99-EM y N° 001-2002-EM, en general se mantiene la colindancia entre los derechos mineros.

De otro lado, las coordenadas UTM PSAD 56 de los 41 derechos mineros vigentes que no se ubican en las Zonas Catastrales Mineras comprendidas en los Decretos Supremos N° 051-99-EM y N° 001-2002-EM, que básicamente corresponde a la amazonia, fueron transformados a coordenadas UTM WGS 84 con el modelo de **Molodensky que utiliza los parámetros de la DMA/NIMA**. La precisión de ubicación que permite este modelo se explica en el ítem 4.3.

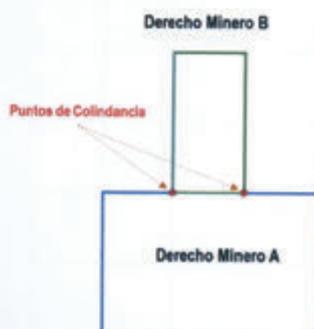
El procedimiento de transformación con **Parámetros Zonales Inversos de Heighes**, también fue aplicado a las coordenadas de las 177 concesiones de beneficio y las 04 concesiones de transporte minero reportadas por la Dirección General de Minería con valores UTM PSAD 56 y no cuentan con valores WGS 84. Al momento de la transformación no se tiene concesiones de Labor General vigentes reportadas por la Dirección General de Minería.

#### 4.2 Aplicación de los parámetros zonales inversos de Heighes en el límite de las zonas catastrales mineras establecidas en los Decretos Supremos N°051-99-EM y N°001-2002-EM

Para la transformación de las coordenadas PSAD 56 al WGS 84 aplicando los Parámetros Zonales Inversos de Heighes, respecto de los derechos mineros colindantes y ubicados entre los límites de las Zonas Catastrales Mineras; resulta necesario transformar adicionalmente las coordenadas de los "puntos de colindancia", los cuales constituyen puntos del perímetro de un derecho minero coincidentes con los vértices del derecho minero colindante.

El identificar y transformar los "puntos de colindancia" en estos casos, permite mantener la colindancia entre los derechos mineros después de la transformación.

Estos conceptos se aplican en los límites de las zonas catastrales mineras para la transformación del PSAD56 al WGS84 y viceversa, es de alcance solo en el Sistema de Graficación.



Ejemplo 1: Derechos mineros ubicados en el límite de zonas catastrales mineras



Ejemplo 2: Derechos mineros ubicados en el límite de zonas catastrales mineras y de traslape.

#### 4.3 Transformación en lugares sin Zonas catastrales Mineras.

Existen zonas del territorio peruano no comprendidas en los Decretos Supremos N° 051-99-EM y N° 001-2002-EM, básicamente ubicadas en la amazonia, donde existe poca densidad minera y en la cual las citadas disposiciones normativas, no han oficializado Parámetros Heighes de Transformación, debido a que en esta parte del país no cuenta con puntos geodésicos suficientes para el estudio y cálculo correspondiente.

Ante dicha situación es de aplicación el algoritmo de Molodensky de tres parámetros y no otro en razón a que es el de mayor uso por los software comerciales que tiene parámetros únicos para todo el Perú. El modelo de Molodensky corresponde a la definida el año 1991 por la Agencia de Mapas para la Defensa (DMA), posteriormente Agencia Nacional de Imágenes y Mapas (NIMA), hoy Agencia Nacional de Inteligencia-Geoespacial (NGA), que determina parámetros de transformación para Perú del Datum Provisional para Sudamérica de 1956 (PSAD 56) al Sistema Geodésico Mundial (WGS 84), en función a 6 estaciones ubicadas en el territorio nacional, con las

precisiones que se indican en el Apéndice B.7-3 Informe Técnico 8350.2 de la National Imagery and Mapping Agency.

**Appendix B.7**  
Transformation Parameters  
Local Geodetic Datums to WGS 84

Continent: SOUTH AMERICA										
Local Geodetic Datums		Reference Ellipsoids and Parameter Differences			No. of Satellite Stations Used	Transformation Parameters				
Name	Code	Name	$\Delta a(m)$	$\Delta f \times 10^4$		Cycle Number	Pub. Date	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta Z(m)$
<b>PROVISIONAL SOUTH AMERICAN 1956 (cont'd)</b>	PRP	International 1924	-251	-0.14192702						
Guyana	PRP-F				9	0	1991	-208 ±6	159 ±14	-369 ±5
Peru	PRP-G				6	0	1991	-279 ±6	175 ±8	-379 ±12
Venezuela	PRP-H				24	0	1991	-205 ±9	173 ±14	-371 ±15
<b>PROVISIONAL SOUTH CHILEAN 1963*</b>	HIT	International 1924	-251	-0.14192702						
Southern Chile (near 53°S)					2	0	1987	16 ±25	196 ±25	93 ±25

\* Also known as Hito XVIII 1963

B.7-3

El modelo aplicado es el siguiente:

$$\Delta\phi'' = \left\{ \begin{array}{l} -\Delta X \text{sen}\phi \cos\lambda - \Delta Y \text{sen}\phi \text{sen}\lambda + \Delta Z \cos\phi + \Delta a (R_N e^2 \text{sen}\phi \cos\phi) / a \\ + \Delta f [R_M (a/b) + R_N (b/a)] * \text{sen}\phi \cos\phi \end{array} \right\} * [(R_M + h) \text{sen}1'']^{-1}$$

$$\Delta\lambda'' = [-\Delta X \text{sen}\lambda + \Delta Y \cos\lambda] * [(R_N + h) \cos\phi \text{sen}1'']^{-1}$$

$$\Delta h = \Delta X \cos\phi \cos\lambda + \Delta Y \cos\phi \text{sen}\lambda + \Delta Z \text{sen}\phi - \Delta a (a/R_N) + \Delta f (b/a) R_N \text{sen}^2\phi$$

**5. CONSIDERACIONES EN RELACIÓN A LA TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS DEL PSAD 56 AL WGS 84.**

- a. Para la transformación de coordenadas se ha tomado la información de coordenadas UTM PSAD 56 de los vértices de los petitorios mineros, de las concesiones mineras, de las concesiones de beneficio y de transporte minero conforme grafican en el Catastro Minero Nacional al 05 de mayo del 2016.
- b. En razón al periodo de tiempo que demanda el procesamiento de las resoluciones que se expiden por la Dirección de Concesiones Mineras y los 25 Gobiernos Regionales, que conlleva la actualización de la base de datos del SIDEMCAT, después de la notificación y consentimiento de dichas resoluciones, para su posterior graficación en el Catastro Minero

Nacional; puede presentarse que algunos derechos mineros que aparecen con coordenadas transformadas podrían encontrarse en la situación de extinguidos o contar con aprobación de áreas reducidas, acumuladas, divididas o fraccionadas, situación que amerita adecuar el trámite correspondiente a la metodología y coordenadas transformadas.

- c. Respecto del tratamiento de los decimales de las coordenadas UTM, debemos indicar que se han recogido los valores que corresponden a los vértices de los derechos mineros que aparecen en el SIDEMCAT, tal como se encuentran ingresados en dicha fuente de información.

No obstante, en la información transformada a UTM WGS 84, se determinó utilizar solo 02 decimales para expresar los valores de las coordenadas UTM WGS 84, procediéndose al redondeo después de la transformación. La aproximación a dos decimales resulta de uso práctico en la gestión de los derechos mineros, considerando además que existe una variación milimétrica despreciable en las comparaciones con 2, 3, 4 y 5 decimales de los vértices de las coordenadas de las pruebas realizadas con coordenadas de derechos mineros. Asimismo, está vigente la Resolución Jefatural N°1439-2004-INACC-J que uniformiza el uso a 2 decimales para expresar los valores de las coordenadas UTM.

- d. El universo de derechos objeto de transformación y publicación incluyen a:
- Concesiones de beneficio y transporte minero tituladas cuyas coordenadas UTM PSAD 56 han sido reportadas por la Dirección General de Minería, excluyéndose aquellas que no requieren transformación en razón a que han sido solicitadas y cuentan con coordenadas UTM en WGS 84. Al momento de la transformación no se tiene concesiones de Labor General vigentes reportadas por la Dirección General de Minería.
  - Derechos mineros que se encuentran identificados en el SIDEMCAT con medida cautelar.
  - Concesiones mineras empadronadas y concesiones mineras no empadronadas, solicitadas con anterioridad al Decreto Legislativo N° 708, que se identifican como vigentes conforme al SIDEMCAT.
  - Petitorios y concesiones mineras formuladas después del Decreto Legislativo N° 708, vigentes de acuerdo a la información del SIDEMCAT, incluyendo aquellas solicitadas al amparo del artículo 12° de la Ley del Catastro Minero Nacional N° 26615 .
  - Acumulaciones tituladas y vigentes conforme al SIDEMCAT.
  - Denuncios y concesiones mineras sin coordenadas UTM PSAD 56 definitivas, a que se refiere la Tercera Disposición Complementaria final y Transitorias de la Ley N° 30428.

6. **ANEXOS**

**Anexo 1.** : Mapa de zonas catastrales mineras

**Anexo 2.** : Parámetros Zonales Directos e Inversos de Heighes de las 11 zonas catastrales mineras.

**Anexo 3.** : Listado de petitorios mineros y concesiones mineras con las coordenadas UTM de sus vértices transformados al Sistema Geodésico Horizontal Oficial WGS84 y las correspondientes al PSAD 56. (44,786 derechos mineros)

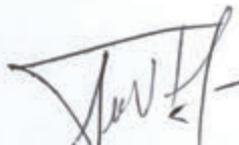
**Anexo 4.** : Listado de concesiones de beneficio con las coordenadas UTM de sus vértices transformados al Sistema Geodésico Horizontal Oficial WGS 84 y las correspondientes al PSAD 56. (177 concesiones de beneficio)

**Anexo 5.** : Listado de concesiones de transporte minero con las coordenadas UTM de sus vértices transformados al Sistema Geodésico Horizontal Oficial WGS 84 y las correspondientes al PSAD 56. (04 concesiones de transporte minero)

**Anexo 6.** : Listado de denuncios y concesiones mineras a que se refiere la Tercera Disposición Complementaria final y Transitoria de la Ley N° 30428. (40 derechos mineros)

**Anexo 7.** : Listado de derechos mineros identificados en el SIDEMCAT con medida cautelar. (357 derechos mineros)

Es todo cuanto debemos informar a usted.

  
Juan Villanque Trinidad  
Analista Técnico  
Dirección de Catastro Minero

Lima, 26 MAYO 2016



  
César Sañazar Loayza  
Jefe de la Unidad de Catastro y Precatastro  
Dirección de Catastro Minero

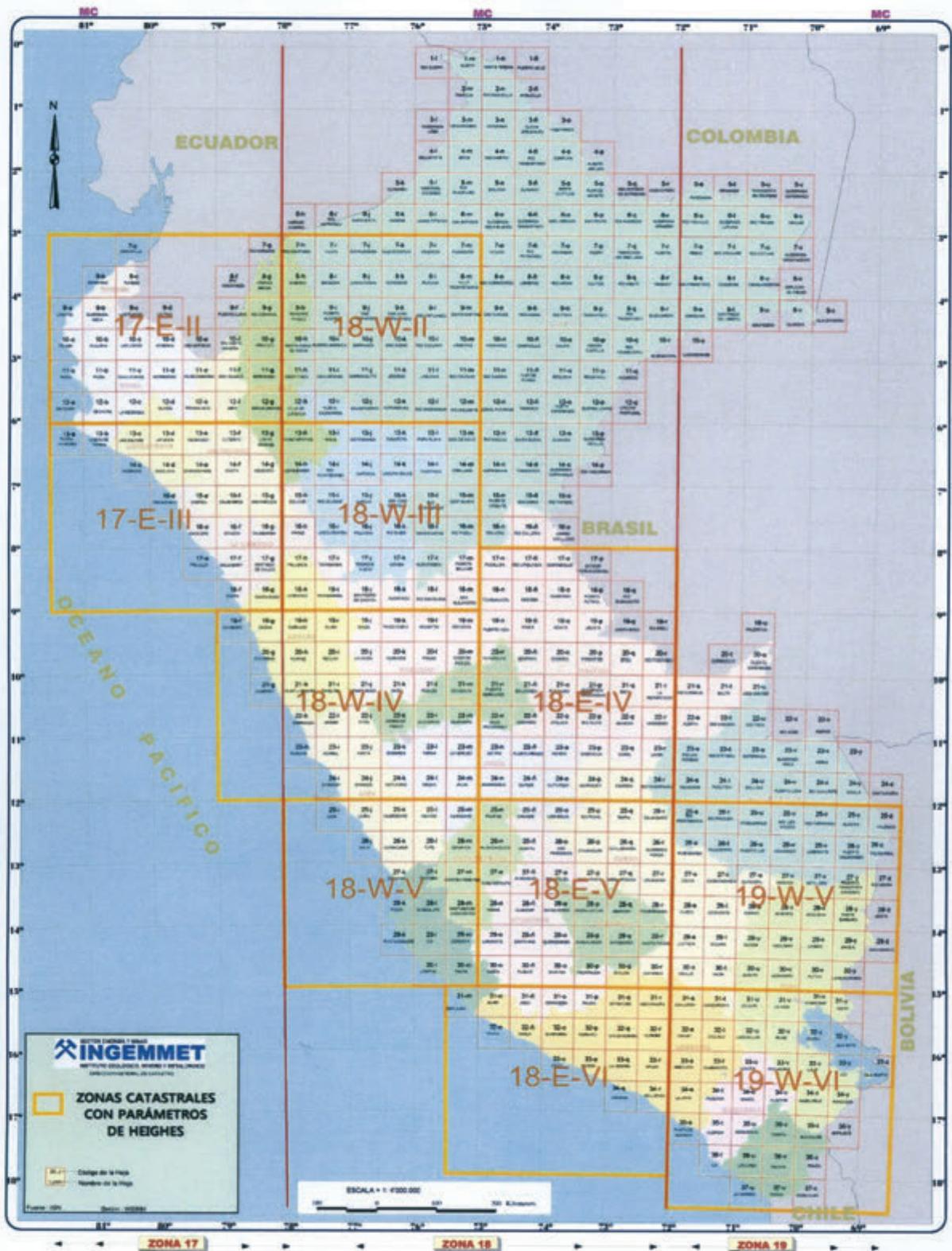
Lima, 26 MAYO 2016

Visto, el informe que antecede y estando de acuerdo con el mismo: Elévese a la Presidencia del Consejo Directivo del INGEMMET para su conocimiento y fines.

  
Henry Luna Córdova  
Director de Catastro Minero  
INGEMMET

# ANEXO 1

## ZONAS CATASTRALES MINERAS



**ANEXO 2**  
**PARAMETROS ZONALES DE HEIGHES (DIRECTOS)**  
**DEL SISTEMA WGS 84 AL PSAD 56**

17E-II
m(1) = 5935.3829620925
m(2) = -209.02171565565
m(3) = -3806.11533373916
m(4) = 0.99981129371
m(5) = -0.00086819103
m(6) = -0.00007609073
m(7) = -0.00002920929
m(8) = 1.00003081888
m(9) = 0.00006888787
m(10) = 0.00010547369
m(11) = 0.00052829083
m(12) = 0.99999628951
m(13) = 1.00003722672

18W-II
m(1) = -140.071983664031
m(2) = 369.176655952715
m(3) = -822.739955544471
m(4) = 0.99998179019798
m(5) = 0.00006361548764
m(6) = 0.00001760709923
m(7) = -0.00004467548694
m(8) = 0.99994244612932
m(9) = 0.00005522222972
m(10) = 0.00001409933785
m(11) = 0.00006811100035
m(12) = 0.99999356830402
m(13) = 1.00003731724521

17E-III
m(1) = 1469.63467055222
m(2) = 141.26302814285
m(3) = -1301.50164190813
m(4) = 0.99993076361
m(5) = -0.00018137729
m(6) = -0.00001176801
m(7) = -0.00003842466
m(8) = 0.99997712823
m(9) = 0.00006155521
m(10) = 0.00003791472
m(11) = 0.00014045696
m(12) = 0.99998854761
m(13) = 1.00003667836

18W-III
m(1) = 1125.42910150464
m(2) = 180.71909666238
m(3) = -828.52330486585
m(4) = 0.99992985522
m(5) = -0.00012737806
m(6) = 0.00000087008
m(7) = -0.00003776808
m(8) = 0.99997072705
m(9) = 0.00006080193
m(10) = 0.00001943558
m(11) = 0.00007061354
m(12) = 0.99996914673
m(13) = 1.00003665517

18W-IV
m(1) = -220.02506341632
m(2) = 386.04985230852
m(3) = -26.34097641393
m(4) = 0.99997585858
m(5) = 0.00007783503
m(6) = 0.00002229806
m(7) = -0.00004212734
m(8) = 0.99993849657
m(9) = 0.00005938382
m(10) = -0.00001726809
m(11) = -0.00004993207
m(12) = 0.99995849444
m(13) = 1.00003492201

18E-IV
m(1) = -1963.72370020511
m(2) = 2290.6198618328
m(3) = -5536.55495949089
m(4) = 1.00006674224918
m(5) = 0.00032872441124
m(6) = 0.00008614453017
m(7) = -0.00013021446656
m(8) = 0.99965900637883
m(9) = 0.00000106884969
m(10) = 0.00022698424501
m(11) = 0.00076259384524
m(12) = 1.00012203894985
m(13) = 1.00003414938253

18W-V
m(1) = -465.4988178457
m(2) = 567.12685325106
m(3) = -462.50160575263
m(4) = 0.9999803463
m(5) = 0.00011330502
m(6) = 0.00004023901
m(7) = -0.00004501736
m(8) = 0.99991071816
m(9) = 0.00005295466
m(10) = -0.00000854993
m(11) = 0.00001705013
m(12) = 0.99997175471
m(13) = 1.00003397651

18E-V
m(1) = -139.92684048219
m(2) = 689.19390220427
m(3) = -1461.41630854435
m(4) = 0.99998908411
m(5) = 0.00005983201
m(6) = 0.00002742731
m(7) = -0.00005807938
m(8) = 0.99989493337
m(9) = 0.00004847275
m(10) = 0.00003697571
m(11) = 0.00016196736
m(12) = 1.0000106412
m(13) = 1.00003283325

18E-VI
m(1) = 605.356654442916
m(2) = 278.806680831723
m(3) = -304.079383290101
m(4) = 0.999955929827
m(5) = -0.000042932678
m(6) = -0.000021627621
m(7) = -0.000040300584
m(8) = 0.999953168072
m(9) = 0.000070004448
m(10) = -0.000008955718
m(11) = -0.000010003353
m(12) = 0.999973776407
m(13) = 1.000032998599

19W-V
m(1) = -2338.22944003987
m(2) = 547.815365052816
m(3) = 1925.62455626625
m(4) = 1.000070020037
m(5) = 0.0003837115662
m(6) = 0.0001147689377
m(7) = -0.0000434356381
m(8) = 0.9999123615419
m(9) = 0.0000557983833
m(10) = -0.0001207119993
m(11) = -0.0003271330558
m(12) = 0.9998775146911
m(13) = 1.0000318724315

19W-VI
m(1) = 550.39656093421
m(2) = -744.60917097025
m(3) = 2247.03711372791
m(4) = 0.99994844219
m(5) = -0.00003993034
m(6) = 0.00000674859
m(7) = 0.00001569873
m(8) = 1.00009960152
m(9) = 0.0001064772
m(10) = -0.00014182912
m(11) = -0.00037240222
m(12) = 0.99986754655
m(13) = 1.00003310044

**PARAMETROS ZONALES DE HEIGHES (INVERSOS)  
DEL SISTEMA PSAD 56 AL WGS 84**

17E-II
m(1) = -5936.03239132066
m(2) = 208.57966848142
m(3) = 3806.6453627728
m(4) = 1.00018875925133
m(5) = 0.00086828797525
m(6) = 0.00007604556049
m(7) = 0.00002922117128
m(8) = 0.9999692438281
m(9) = -0.00006888378341
m(10) = -0.0001055094279
m(11) = -0.00052836812384
m(12) = 1.00000373887374
m(13) = 0.999962774665777

18W-II
m(1) = 140.083537189411
m(2) = -369.23708378262
m(3) = 822.768421362844
m(4) = 1.00001820753957
m(5) = -0.00006361910842
m(6) = -0.00001760401985
m(7) = 0.00004467965064
m(8) = 1.00005755810259
m(9) = -0.00005522655009
m(10) = -0.00001410272844
m(11) = -0.00006811446179
m(12) = 1.00000643574711
m(13) = 0.999962684147315

17E-III
m(1) = -1469.74676062981
m(2) = -141.40285657319
m(3) = 1301.59213430114
m(4) = 1.00006924770861
m(5) = 0.00018139234726
m(6) = 0.00001175779392
m(7) = 0.00003843053416
m(8) = 1.00002288791
m(9) = -0.00006155687159
m(10) = -0.00003792317765
m(11) = -0.00014046866091
m(12) = 1.00001146072155
m(13) = 0.999963322985253

18W-III
m(1) = -1125.53180477354
m(2) = -180.81727836952
m(3) = 828.58351288824
m(4) = 1.00007015452934
m(5) = 0.00012739078724
m(6) = -0.00000087791373
m(7) = 0.00003777301733
m(8) = 1.00002928291235
m(9) = -0.00006080561938
m(10) = -0.00001944021057
m(11) = -0.00007062026255
m(12) = 1.00003085853285
m(13) = 0.999963346173552

18W-IV
m(1) = 220.059838391468
m(2) = -386.065889522903
m(3) = 26.326592057951
m(4) = 1.00002413833843
m(5) = -0.00007784280964
m(6) = -0.000022294901
m(7) = 0.00004212992238
m(8) = 1.00006150096783
m(9) = -0.00005939087663
m(10) = 0.00001727132731
m(11) = 0.00004993586929
m(12) = 1.00004150393214
m(13) = 0.999965079209504

18E-IV
m(1) = 1963.86878672898
m(2) = -2291.15132410683
m(3) = 5537.18065840263
m(4) = 0.99993323894842
m(5) = -0.00032874888591
m(6) = -0.00008612791673
m(7) = 0.00013025043054
m(8) = 1.0003410679305
m(9) = -0.00000108030276
m(10) = -0.00022704071167
m(11) = -0.0007626862433
m(12) = 0.99987799631286
m(13) = 0.999965851783611

18W-V
m(1) = 465.553620472795
m(2) = -567.181027251831
m(3) = 462.528320960303
m(4) = 1.00001964864095
m(5) = -0.0001133166774
m(6) = -0.00004023493644
m(7) = 0.00004502181142
m(8) = 1.00008928561341
m(9) = -0.00005296269567
m(10) = 0.00000854957185
m(11) = -0.00001705310285
m(12) = 1.00002824664685
m(13) = 0.999966024644364

18E-V
m(1) = 139.92952666786
m(2) = -689.32904393836
m(3) = 1461.50723116542
m(4) = 1.00001091354802
m(5) = -0.00005983450773
m(6) = -0.00002742441716
m(7) = 0.00005808790972
m(8) = 1.0001050820471
m(9) = -0.00004847892094
m(10) = -0.00003698512832
m(11) = -0.00016198044377
m(12) = 0.99998936777918
m(13) = 0.999967167827987

18E-VI
m(1) = -605.388729959952
m(2) = -278.865425049363
m(3) = 304.079146057835
m(4) = 1.00004407403941
m(5) = 0.00004293679736
m(6) = 0.00002162613556
m(7) = 0.00004030362069
m(8) = 1.0000468351514
m(9) = -0.00007000869088
m(10) = 0.00000895675076
m(11) = 0.00001000446839
m(12) = 1.00002622377404
m(13) = 0.999967002489872

19W-V
m(1) = 2338.49685682515
m(2) = -547.65433238669
m(3) = -1925.75730444888
m(4) = 0.99992995434679
m(5) = -0.00038375586032
m(6) = -0.0001147535413
m(7) = 0.00004342966505
m(8) = 1.00008761121278
m(9) = -0.00005581509277
m(10) = 0.00012073253919
m(11) = 0.00032715546412
m(12) = 1.00012246819836
m(13) = 0.999968128584319

19W-VI
m(1) = -550.38003289315
m(2) = 744.78289842037
m(3) = -2247.13545568257
m(4) = 1.00005155888355
m(5) = 0.00003992590685
m(6) = -0.00000675408375
m(7) = -0.00001571307809
m(8) = 0.99990036812245
m(9) = -0.00010648058916
m(10) = 0.0001418493694
m(11) = 0.00037242010785
m(12) = 1.00013243037933
m(13) = 0.99996900655603