

INVESTIGACIONES RECIENTES SOBRE LA SUBSIDENCIA
DE LA COSTA ORIENTAL DEL LAGO DE MARACAIBO

H. Henneberg, C.A. Badell y H. Drewes
Facultad de Ingeniería
Universidad del Zulia
Maracaibo, Venezuela

RESUMEN

El trabajo del control geodésico-geofísico en la zona petrolera de Tía Juana efectuado por la Escuela de Ingeniería Geodésica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia, empezó en el año 1977 con las primeras investigaciones. Los objetivos de estos trabajos consisten en la medición de redes geodésicas horizontales y gravimétricas, con el propósito de determinar movimientos horizontales y descubrir variaciones de la gravedad provocados por desplazamientos de masas subterráneas o movimientos verticales, así como la determinación de posibles centros de actividad sísmica u otros factores geofísicos que pudieran estar asociados con el fenómeno de la subsidencia producido por la extracción de petróleo en la zona.

Del análisis del período de estudio, Mayo 1977 - Febrero 1978, se ha podido observar una zona o centro de variación de la gravedad situado entre las poblaciones de Cabimas y Ciudad Ojeda, representando dicha variación un descenso del suelo, de unos 6 cm.

Del análisis de la actividad sísmica presente en la zona, se observan eventos que pudieran estar vinculados al proceso del hundimiento.

ABSTRACT

A geodesic and geophysical control in the Tia Juana Oil Field has been carried out since 1977 by the School of Geodesy of the Engineering Faculty of the Universidad del Zulia in order to obtain horizontal and vertical movement, as well as seismic activity that can be associated with the subsidence phenomena due to the exploitation of oil in the area. A gravity network consisting of 59 stations has been established around the Maracaibo Lake and gravity measurements have been taken by using three La Coste-Romberg model G gravity meters.

REVISION BIBLIOGRAFICA

La mayor parte de la Costa Oriental del Lago de Maracaibo , comunmente conocida como Costa Bolívar , se extiende sobre un área de tierras bajas y pantanosas. Las áreas de producción están confinadas en las poblaciones de Tía Juana , Lagunillas y Bachaquero, cuyos reservorios están siendo explotados por unos 5.300 pozos perforados en una configuración triangular y un espaciamiento de unos *231 metros* entre pozo . La profundidad de los reservorios es variable entre los *330 y 1.400 metros*, y geológicamente constituidos por arenas no consolidadas entremezcladas con lentejones de arcilla en una proporción arena/arcilla promedio de *1.8 : 1, 1 : 1* respectivamente [1].

La explotación del campo de Lagunillas comenzó en Junio de 1926 y los primeros signos del fenómeno de la subsidencia comenzaron a notarse a partir del año 1929 ; el desarrollo en la explotación del campo de Tía Juana se llevó a cabo en Noviembre de 1937, y el de Bachaquero (Pueblo Viejo) en Abril de 1938 [1]. Actualmente el fenómeno de la subsidencia se observa sobre un área de *452 Km²* , de los cuales *189 Km²* pertenecen al Lago y *263 Km²* a la región de plataforma continental limitada con el borde Este del Lago.

El control geodésico plani-altimétrico de toda la zona para determinar valores progresivos de la subsidencia se inició en 1930; subsecuentes mediciones permitieron determinar una rata anual máxima de *22 cm/año* en el intervalo 1930-1939. Para el año 1976 el valor acumulativo máximo de la subsidencia alcanzó a ser de *415 cm* . En la actualidad, el control geodésico es llevado a cabo cada dos años por el departamento de Topografía de la Empresa Maraven S.A., utilizando equipo de nivelación de alta precisión sobre un total de *1.434* botalones de medición; la precisión del método para cada diferencia de altura determinada es de *0.1 m.m.* y el cálculo de las alturas para cada botalón es determinado por ajuste de mínimos cuadrados , de tal forma que existe garantía al centímetro.

Considerando los valores obtenidos para el período 1974 - 1976 , la rata de movimiento máximo observado para cada área fue el si-

siguiente [2]:

CAMPO	MAXIMA SUBSIDENCIA (cm.)
Tía Juana	- 33
Lagunillas	- 39
Bachaquero (Pueblo Viejo)	- 17

INVESTIGACION ACTUAL PARA EL CONTROL DE LA SUBSIDENCIA. PROGRAMA MARAVEN / L.U.Z.

En el año 1977 , mediante un acuerdo proyecto convenio entre la Empresa Maraven, S.A., y la Escuela de Ingeniería Geodésica de la Universidad del Zulia , se decidió llevar a cabo un nuevo y más completo programa de investigación sobre el fenómeno de la subsidencia y posibles anomalías geodésico-geofísicas que pudieran estar asociadas con el fenómeno. El programa comprende los siguientes aspectos:

1. ASPECTO GEODESICO

- 1.1 Control Horizontal
- 1.2 Mediciones gravimétricas
 - 1.2.1 Red gravimétrica regional
 - 1.2.2 Red gravimétrica local

La red geodésica del control horizontal consiste en 40 estaciones materializadas por monumentos de concreto con dispositivo para centración forzada, distribuidos sobre un área de aproximadamente 10 Km. x 5 Km. y fue establecida con la finalidad de determinar la componente horizontal que pudiera estar involucrada con el fenómeno de la subsidencia . Las mediciones se realizan siguiendo una configuración tipo HOLLISTER en donde la longitud de los lados exteriores del

cuadrilátero se determinaron con distanciómetro electro-óptico, y los ángulos interiores y exteriores del cuadrilátero se determinan con teodolitos del tipo T3 y DKM 3. La precisión de las mediciones después del ajuste correspondiente ofrece un error cuadrático para cada punto de $m_0 = \pm 2m.m.$ [2].

Las mediciones gravimétricas se realizan utilizando un gravímetro del tipo La Coste Romberg modelo G. Dada la dependencia existente entre la gravedad y la elevación:

$$\Delta h (cm) = -3.10^{+5} \cdot \Delta g (cm s^{-2})$$

es posible determinar movimientos verticales experimentados en la superficie terrestre como consecuencia del fenómeno de la subsidencia.

La red gravimétrica regional cubre toda la región del Lago de Maracaibo e incluye estaciones de referencia en los Andes. En total contiene 59 estaciones distribuidas entre Maracaibo y San Antonio del Táchira, Machiques y Carora, estando la mayoría de ellas situadas en la zona petrolera y localizadas a intervalos de 10 Km. en promedio entre puntos desde Santa Rita hasta Bachaquero. Esta red está íntimamente vinculada a las estaciones de la red nacional de nivelación de primer orden, abarcando una extensión de aproximadamente 300 Km. en ambas direcciones N-S y E-W respectivamente.

La primera medición de esta red gravimétrica alrededor del Lago de Maracaibo fue ejecutada en Mayo de 1977, habiéndose efectuado un total de 408 observaciones sobre las 59 estaciones establecidas, y utilizando tres gravímetros. Cada estación fue reocupada por lo menos dos veces, e independientemente en diferentes tiempos por todos los gravímetros con el único propósito de evitar errores sistemáticos.

La repetición de las mediciones se realizaron en Febrero y Marzo de 1978 en tan solo 43 estaciones de las 59 establecidas originalmente, por considerar las más alejadas exentas de cambio en tan corto intervalo de tiempo; en total se realizaron 204 observaciones utilizando los dos gravímetros que durante la medición anterior

ofrecieron mejor comportamiento.

EVALUACION DE LAS MEDICIONES HORIZONTALES

El ajuste de las mediciones para el control horizontal se realiza por aplicación de las ecuaciones de error:

$$V_j = C_j \cdot dx_j + S_j \cdot dy_j - C_j \cdot dx_i - S_j \cdot dy_i - \Delta d_j \quad (\text{distancias})$$

$$V_{jk} = (a_k - a_j) \cdot dx_i + (b_k - b_j) \cdot dy_i + a_j \cdot dx_j + b_j \cdot dy_j - a_k \cdot dx_k - b_k \cdot dy_k - \Delta \alpha_{jk} \quad (\text{ángulos}).$$

i, j, k = Estaciones conectadas.

dx, dy = Correcciones a las coordenadas aproximadas.

C, S = Coeficientes direccionales.

$\Delta \alpha, \Delta d$ = Diferencia observado menos calculado, tanto para distancias como para ángulos; ambas a partir de las coordenadas aproximadas.

Esta red geodésica establecida para el control horizontal, se evalúa como red libre por tratarse de redes locales sin conexión a una red superior, y los resultados para los errores medios se observa varían en los intervalos.

$$\begin{aligned} m_0 \quad (\text{ángulos}) &= \pm 1''.9 \dots \pm 3''.9 \\ m_0 \quad (\text{distancia}) &= \pm 1.8 \dots \pm 3.7 \text{ m.m.} \\ m_p \quad (\text{red libre}) &= \pm 4 \text{ m.m.} \dots \pm 6 \text{ m.m.} \end{aligned}$$

EVALUACION DE LAS MEDICIONES GRAVIMETRICAS

Previamente las observaciones realizadas fueron convertidas a

unidades de gravedad por medio de la transformación a la escala de los gravímetros y reducidas por el correspondiente efecto de las mareas terrestres. Para mayor facilidad en la aplicación de esta reducción, se preparó un programa de cálculo electrónico capaz de calcular el efecto por marea terrestre como desarrollo en series de 505 elementos armónicos.

El cálculo de la compensación de las observaciones, se efectuó utilizando un modelo desarrollado para tal fin, el cual da la relación entre la gravedad incógnita y la observación reducida en los puntos, incluyendo como otras incógnitas las derivadas instrumentales y las correcciones de la escala de los gravímetros. La ecuación de error resulta entonces:

$$V_j = g_e - (\text{niv}_p + d_i \cdot t_j) - y_i \cdot l_j$$

V_j = residuo; g_e = gravedad; nivel del gravímetro; d_i = coeficiente de la derivada; t_j = tiempo de la lectura; y_i = escala; l_j = lectura.

El promedio de los errores medios (error medio del punto) resultante en los dos períodos fue de $8 \times 10^{-6} \text{ cm s}^{-2}$, y los errores medios unitarios de los dos gravímetros utilizados en las dos actividades fue de $13 \times 10^{-6} \text{ cm s}^{-2}$, valor aceptado internacionalmente.

EVALUACION DE LA RED GEODESICA PARA EL AÑO 1978

La red geodésica fue optimizada a un total de 42 estaciones distribuidas en un área de 45 Km^2 . En la red horizontal se midieron 110 distancias, variables en el intervalo de 22 metros y 2.400 metros con un error medio determinado en dos direcciones de $m_s = \pm 3.2 \text{ m.m.}$, y un total de 109 ángulos con un error medio de $m_\alpha = \pm 0".7$ obtenido de repeticiones en tres series.

La nivelación contiene un total de 63 diferencias de alturas con un error medio de una diferencia de $m_{\Delta h} = \pm 1.9 \text{ m.m.}$

En la gravimetría se utilizaron dos gravímetros, efectuándose

un total de 72 observaciones por cada instrumento cuyo error medio de una observación, obtenido de una compensación preliminar individual, fue de $m_1 = \pm 13 \text{ gal}$. Estas mediciones fueron conectadas con la estación de la Red Gravimétrica Nacional en Maracaibo, ubicada en el Aeropuerto La Chinita.

El cálculo de compensación de las redes fue realizado por el método de mínimos cuadrados aplicado a observaciones mediatas, en donde los errores medios de peso unitario resultaron ser los siguientes:

$$\text{Distancias} : m_0 = \pm 3.6 \text{ m.m.}$$

$$\text{Angulos} : m_0 = \pm 2''.6$$

$$\Delta h : m_0 = \pm 2 \text{ m.m./Km.}$$

$$\text{Gravimetría} : m_0 = \pm 14 \times 10^{-6} \text{ cm } s^{-2}$$

Debido a los efectos externos, los errores medios obtenidos después del cálculo de compensación exceden los valores deducidos a priori. En general este aumento es moderado; en los ángulos, sin embargo, hay discrepancia apreciable, lo cual es debido a la influencia de la refracción horizontal cuyo efecto se deja sentir en la precisión externa y no se descubre por simple repetición de las observaciones, es decir, la influencia de la refracción es mayor que la precisión de las observaciones y no puede ser eliminada por la medición sino exclusivamente por la compensación.

La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos para cada estación de la red, y en donde los errores medios de las coordenadas resultaron ser:

$$\text{Horizontal} : m_x = \pm 5 \text{ m.m.}$$

$$m_y = \pm 6 \text{ m.m.}$$

$$\text{Error medio de punto} : m_p = \pm 8 \text{ m.m.}$$

$$\text{Vertical} : m_h = \pm 2 \text{ m.m.}$$

$$\text{Gravedad} : m_g = \pm 7 \times 10^{-6} \text{ cm } s^{-2}$$

A los efectos de analizar cualitativamente los resultados obtenidos en las mediciones realizadas en Diciembre de 1978 con aquellas realizadas con anterioridad (Junio 1978) , se presentan los vectores de deformación para las estaciones involucradas luego de una transformación de coordenadas semejante (Helmert) . Los resultados se encuentran en las tablas 1 y 2, así como en figura 2.

Los desplazamientos máximos observados alcanzan a los 2.5 cm. (C 21) , y un promedio cuadrático de los mismos de 1.4 cm. Este resultado , a priori, por cuanto no se cubre toda la red, puede interpretarse como si en la corteza superior se hubiera experimentado una rotación contra el reloj en el norte de la grieta considerada, y una rotación con el reloj en el sur de la misma. Unicamente con la repetición sistemática de las mediciones, las que deben realizarse cada año , es posible dilucidar las variaciones considerables detectadas en este trabajo.

2. ASPECTO GEOFISICO

Con la finalidad de obtener una mejor base cualitativa y cuantitativa de análisis, se ha creído conveniente analizar los siguientes aspectos geofísicos:

- 2.1 Actividad sísmica local y regional
- 2.2 Sísmica de superficie
- 2.3 Estudio de la resistividad aparente
- 2.4 Análisis del campo geomagnético local

Mediante el análisis de los datos aportados por este aspecto geofísico del proyecto , será posible ubicar los sitios "focos" de mayor actividad sísmica que pudieran estar asociados con el fenómeno presente en la zona. Eventuales anomalías en la componente total del campo geomagnético, igualmente pudieran estar asociadas con el mismo fenómeno (3).

Los apartes 2.2 y 2.3 de este aspecto , están dirigidos esen-

cialmente a la definición del fenómeno que pudiera estar presente a profundidades no mayores de los *doscientos metros (200 metros)*, y que pudiera afectar de alguna forma a las obras civiles existentes.

EVALUACION DEL ASPECTO GEOFISICO

Del análisis de los sismogramas obtenidos de 46 días de registro, se ha podido observar cierta actividad sísmica de característica microsísmica (magnitud < 1).

Los datos provenientes de los registros de velocidad en pozo (Well Velocity Surveys) han sido sometidos a una evaluación por ajuste basados en el método de mínimos cuadrados, habiéndose obtenido los siguientes resultados:

Zona	$V_{(z)}$ Km/seg
Bloque I	$1.92 + 1.74 \times 10^{-4} z$
Barua - Motatán	$1.88 + 1.56 \times 10^{-4} z$
Bloque V	$1.92 + 1.25 \times 10^{-4} z$
Mara DM - 114 - K X	$1.88 + 1.20 \times 10^{-4} z$
Bloques B,C,D	$1.93 + 1.53 \times 10^{-4} z$

0 pies < z < 18.000 pies

De un total de 28 pozos evaluados, la ecuación de propagación resultó ser:

$$V_{(z)} \text{ (Km/seg)} = 1.91 + 1.42 \times 10^{-4} z$$

0 pies < z < 18.000 pies

Se pretende con ello diseñar un modelo de propagación de velocidad para la onda compresional, que permita ser incluido en el cálculo de los epicentros de cualquier actividad sísmica que pudiera ocurrir en toda la zona en estudio. Las pequeñas diferencias observadas en el modelo actual se corregirán una vez que se introduzca

mayor información proveniente de los estudios en pozo ya realizados, y lo cual será objeto de un trabajo a presentarse posteriormente.

CONCLUSION SOBRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS HASTA EL PRESENTE

1. Del análisis de los vectores de deformación se puede inferir la existencia de un movimiento de rotación contra el reloj en la zona norte de la grieta considerada, y una rotación con el reloj en la zona sur de la misma.

2. De la comparación de los valores de la gravedad obtenidos para cada estación de la red, en los dos períodos de observación (Mayo 1977 - Febrero 1978), se puede observar que existe un solo centro de incremento de la gravedad, el cual está situado entre las poblaciones de Cabimas y Ciudad Ojeda. El aumento experimentado en la gravedad fue de $2.10^{-5} \text{ cm s}^{-2}$, lo cual representa un hundimiento de la zona de 6 cm. Como el error medio de esta diferencia es más o menos $1.10^{-5} \text{ cm s}^{-2}$, la conclusión parece cierta. Las otras regiones de la zona petrolera, sin embargo, no mostraron variación apreciable.

3. Resulta evidente que la gravimetría de alta precisión es una alternativa a los métodos geodésicos clásicos para la determinación de movimientos verticales. Los resultados que se logran son independientes del fenómeno, los errores se reducen al mínimo, y su vinculación se realiza a un punto de control a menor costo y tiempo.

4. A excepción de algunos eventos presentes, la actividad sísmica observada se corresponde con una sismicidad de tipo industrial (ruido).

4. Unicamente con la repetición sistemática de las mediciones, las que deben realizarse cada año, es posible dilucidar las variaciones considerables detectadas en este trabajo.

6. En atención a que la compactación es un mecanismo efectivo

para el recobro de crudos pesados , y que la relación que se observa entre el fenómeno de la subsidencia y la producción es una línea recta (1), los resultados presentes señalan cierto comportamiento anómalo del proceso que debe ser analizado en base a posteriores observaciones.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo está realizándose gracias a la valiosa cooperación en la adquisición de equipos por parte de la Empresa MARAVEN S.A. , así como la ayuda continua en la ejecución, obtención y manejo de la información técnica existente . Los autores agradecen al Agrimensor Alfredo Sandoval , Jefe del Departamento de Topografía de la misma Empresa , por su valiosa y continua ayuda prestada al Proyecto.

REFERENCIAS

- [1] NUÑEZ, O. and ESCOJIDO, D. : "*Subsidence in the Bolivar Coast*". Paper presented to the Second International Symposium of Land Subsidence in Anaheim, Cal. (1976).
- [2] MARAVEN-LUZ: "*Subsidence Investigations on Bolivar Coast of Maracaibo Lake*". Trabajo presentado durante la visita de Miembros de la AGU a la zona de subsidencia. (1978).
- [3] DREWES, H. : "*Regional Subsidence of the Lake of Maracaibo as Determined by Repeated Gravimetric Measurements*". Paper presented to the International Gravity Commission 8th Meeting, París, september 11 - 16 - 1978.
- [4] DREWES, H. : "*Investigations on Vertical Crustal Movements in the Venezuelan Andes by Gravimetric Methods*". Paper presented to the 9th GEOP Research Conference on "Applications of Geodesy to Geodynamics". Columbus /Ohio, October 2 - 5 - 1978.
- [5] BADELL, C.A. (Coordinador responsable) : Primer Informe sobre los Trabajos GEODESICOS-GEOFISICOS de la Escuela de Ingeniería Geodésica en la Región de Tía Juana. Proyecto Subsistencia de la Costa Oriental del Lago . (Proyecto Convenio LUZ - MARAVEN). (1979).
- [6] BENITEZ, R.M. y BRAVO, D.R.: Tesis de Grado: "*Estudio Geofísico de la Subsistencia de la Costa Oriental del Lago de Maracaibo*". (1978).

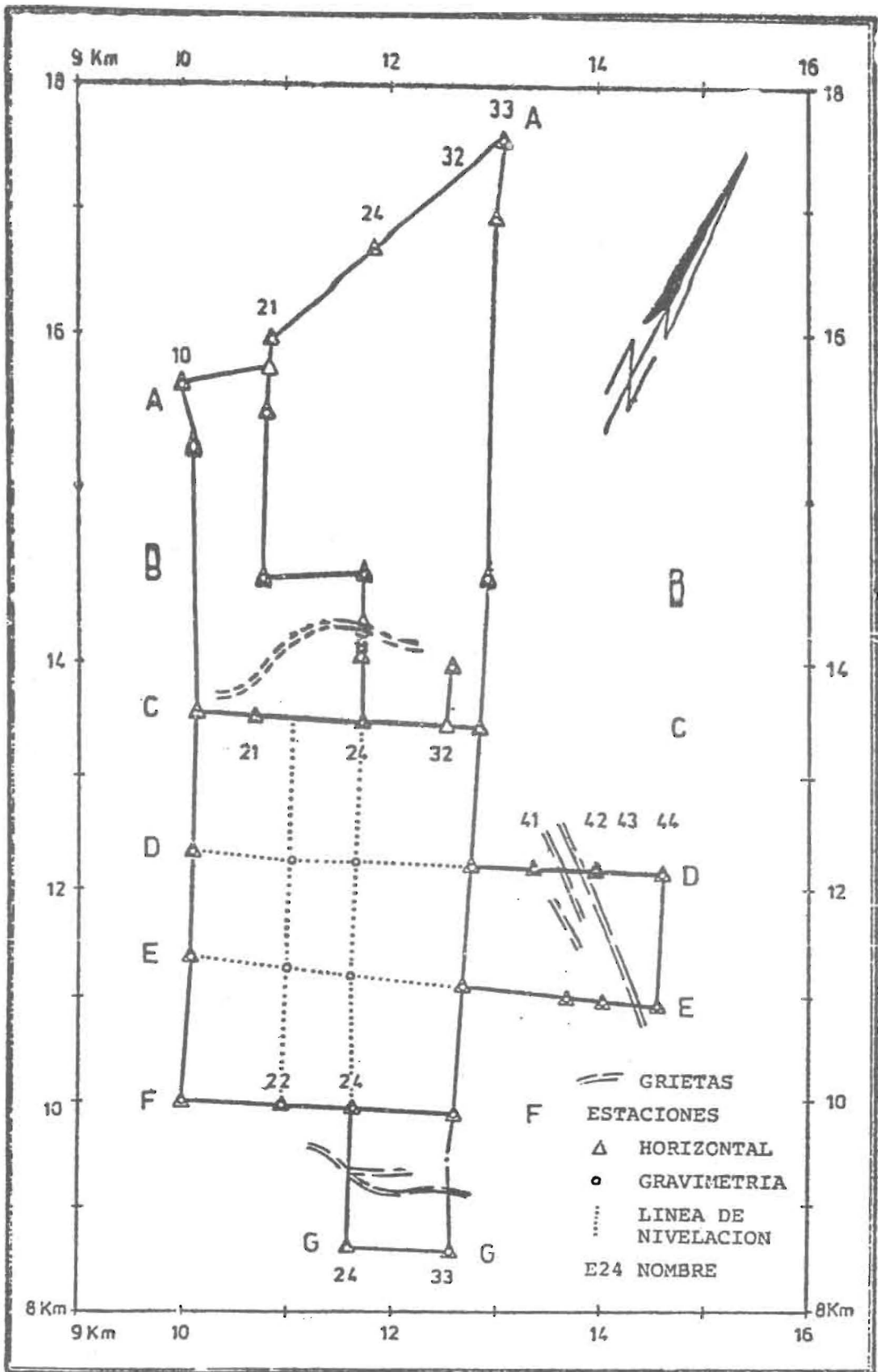


Fig. 1: Redes de Tia Juana. Situación de los puntos.

Punto No.	x [m]	y [m]	h [m]	g [mgal]
A10	15609.314 ± 0.006	9999.991 ± 0.005	- 1.498 ± 0.002	7.378 ± 0.007
A21	15980.955 ± 0.005	10946.359 ± 0.006	1.775 ± 0.002	7.530 ± 0.007
A24	16688.282 ± 0.006	11843.381 ± 0.007	4.179 ± 0.002	7.989 ± 0.007
A33	17537.448 ± 0.006	13045.508 ± 0.009	11.872 ± 0.003	7.359 ± 0.007
AB10	15168.911 ± 0.005	10055.615 ± 0.005	- 3.939 ± 0.002	7.665 ± 0.007
AB21	15707.563 ± 0.005	10831.806 ± 0.005	1.096 ± 0.002	
AB21	15367.927 ± 0.005	10812.225 ± 0.005	0.602 ± 0.002	7.278 ± 0.007
AB33	16880.858 ± 0.005	13005.592 ± 0.008	10.758 ± 0.003	6.755 ± 0.007
B21	14519.060 ± 0.005	10774.813 ± 0.005	- 0.073 ± 0.002	6.853 ± 0.007
B24	14562.869 ± 0.005	11745.368 ± 0.005	3.995 ± 0.002	5.862 ± 0.007
B33	14510.797 ± 0.005	12875.502 ± 0.007	6.907 ± 0.002	5.363 ± 0.007
B1C24	14289.506 ± 0.004	11729.312 ± 0.005	2.585 ± 0.002	
B2C24	14239.618 ± 0.004	11727.180 ± 0.005	2.066 ± 0.002	
B3C24	14216.987 ± 0.004	11726.149 ± 0.005	1.925 ± 0.002	
B4C24	14192.426 ± 0.004	11724.850 ± 0.005	1.878 ± 0.002	
BC24	14013.724 ± 0.004	11726.113 ± 0.004	0.501 ± 0.001	6.215 ± 0.007
BC32	13944.943 ± 0.005	12570.294 ± 0.007	1.693 ± 0.002	6.009 ± 0.007
C10	13589.239 ± 0.005	10118.882 ± 0.006	- 5.618 ± 0.001	7.375 ± 0.007
C21	13556.991 ± 0.005	10684.602 ± 0.006	- 2.998 ± 0.001	6.814 ± 0.007
C24	13488.570 ± 0.004	11698.288 ± 0.005	- 3.208 ± 0.001	6.688 ± 0.007
C32	13453.736 ± 0.004	12530.997 ± 0.006	- 2.252 ± 0.001	
C33	13423.520 ± 0.004	12824.395 ± 0.006	- 0.712 ± 0.001	6.172 ± 0.007
D10	12342.114 ± 0.005	10074.921 ± 0.008	- 8.488 ± 0.002	6.806 ± 0.007
D22			- 6.151 ± 0.004	6.224 ± 0.007
D24			- 5.612 ± 0.004	6.077 ± 0.007
D33	12234.856 ± 0.004	12756.797 ± 0.007	- 2.543 ± 0.002	5.499 ± 0.007
D41	12217.245 ± 0.004	13321.458 ± 0.007	- 0.023 ± 0.002	5.048 ± 0.007
D42	12170.610 ± 0.006	13932.898 ± 0.007	3.508 ± 0.002	3.920 ± 0.007
D44	12146.430 ± 0.010	14614.080 ± 0.007	8.123 ± 0.003	2.880 ± 0.007
E10	11376.960 ± 0.006	10081.413 ± 0.008	- 8.404 ± 0.002	5.768 ± 0.007
E22			- 6.439 ± 0.003	5.177 ± 0.007
E24			- 4.878 ± 0.002	4.858 ± 0.007
E33	11052.882 ± 0.005	12690.569 ± 0.007	- 3.173 ± 0.002	4.516 ± 0.007
E42	10981.310 ± 0.006	13718.360 ± 0.007	0.794 ± 0.002	3.426 ± 0.007
E43	10953.478 ± 0.007	14028.527 ± 0.007	2.299 ± 0.003	2.932 ± 0.007
E44	10902.505 ± 0.009	14545.879 ± 0.007	3.580 ± 0.003	2.657 ± 0.007
F10	10000.003 ± 0.006	9999.996 ± 0.006	- 6.643 ± 0.002	4.024 ± 0.007
F22	9934.635 ± 0.006	10946.114 ± 0.006	- 2.866 ± 0.002	3.285 ± 0.007
F24	9908.919 ± 0.006	11653.266 ± 0.006	- 1.011 ± 0.002	2.944 ± 0.007
F33	9841.388 ± 0.005	12618.770 ± 0.005	1.722 ± 0.002	2.223 ± 0.007
G24	8616.910 ± 0.006	11571.162 ± 0.008	0.835 ± 0.003	1.172 ± 0.007
G33	8572.539 ± 0.005	12542.909 ± 0.008	3.835 ± 0.003	0.578 ± 0.007

Tab. 1 : Resultados del cálculo de compensación
(Redes libres)

Punto No.	x (Junio,transf.)	y (Junio,transf.)	Δx (Dic.-Junio)	Δy (Dic.-Junio)
A10	15609.312	10000.007	0.002	-0.016
A21	15980.950	10846.366	0.005	-0.007
A33	17537.447	13045.506	0.001	0.002
A1B21	15707.562	10831.807	0.001	-0.001
B21	14519.052	10774.818	0.008	-0.005
B24	14562.851	11745.371	0.018	-0.003
B33	14510.797	12875.517	0.000	-0.015
B1C24	14289.495	11729.303	0.011	0.009
BC24	14013.724	11726.100	0.000	0.013
BC32	13944.958	12570.308	-0.015	-0.014
C10	13589.234	10118.863	0.005	0.019
C21	13556.988	10684.578	0.003	0.024
C24	13488.585	11698.281	-0.015	0.007
C32	13453.748	12531.002	-0.012	-0.005
C33	13423.531	12824.402	-0.011	-0.007

Tab. 2: Comparación preliminar de dos periodos de observación (metros)

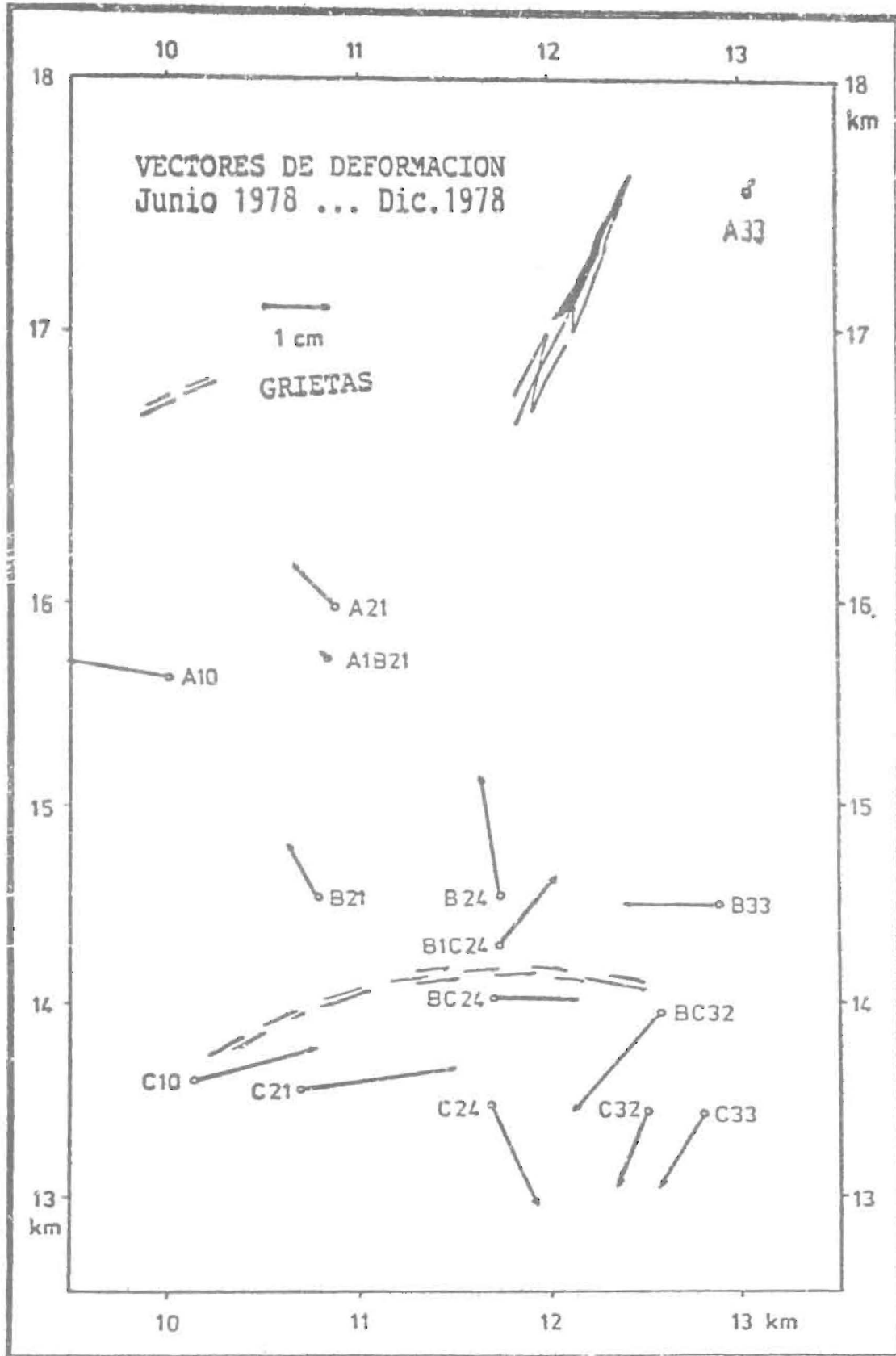


Fig. 2: Análisis preliminar de las deformaciones