

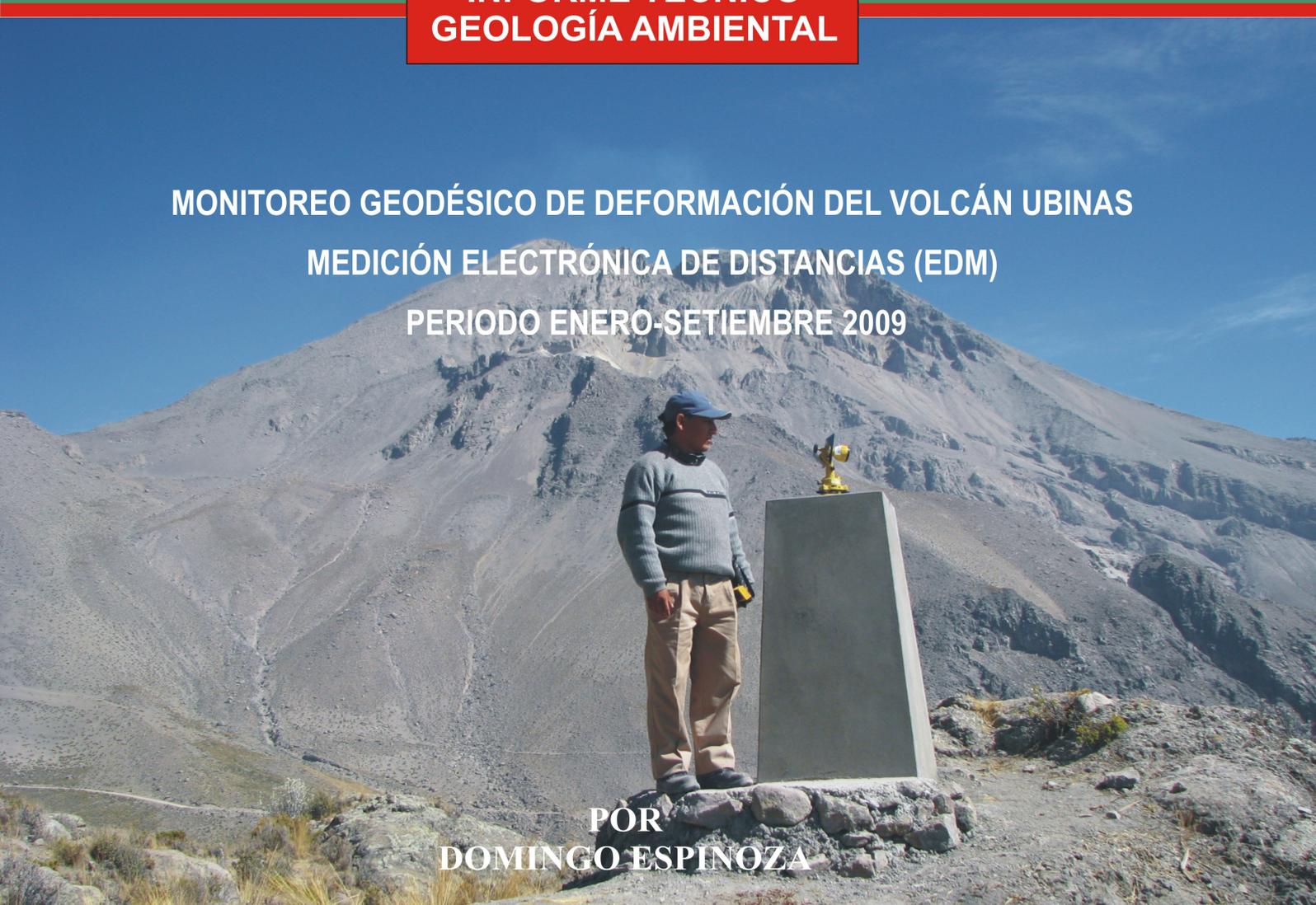
**REPÚBLICA DEL PERÚ**

**SECTOR ENERGÍA Y MINAS**

**INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO**

**INFORME TÉCNICO  
GEOLOGÍA AMBIENTAL**

**MONITOREO GEODÉSICO DE DEFORMACIÓN DEL VOLCÁN UBINAS  
MEDICIÓN ELECTRÓNICA DE DISTANCIAS (EDM)  
PERIODO ENERO-SEPTIEMBRE 2009**



**POR  
DOMINGO ESPINOZA**

**INGEMMET**

**LIMA - PERÚ  
DICIEMBRE - 2009**

## ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. EL VOLCAN UBINAS.....	6
2.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	6
2.2. MONITOREO GEODÉSICO DE DEFORMACION DEL VOLCÁN UBINAS, PERIODO ENERO - SEPTIEMBRE DE 2009.....	6
2.2.1. Equipos utilizados.....	6
2.2.2. Ubicación de estaciones base y soporte de prismas.....	7
2.2.3. Medición utilizando GPS Diferencial.....	11
2.2.4. Medición utilizando Estación Total.....	12
2.2.4.1. Medición de UD01 a UD15.....	12
2.2.4.2. Medición de UD01 a UD16.....	13
2.2.4.3. Medición de UD01 a UD17.....	13
2.2.4.4. Medición de UD02 a UD16.....	15
2.2.4.5. Medición de UD02 a UD17.....	15
3. DISCUSIÓN.....	17
4. CONCLUSIONES.....	20
5. RECOMENDACIONES.....	21
6. AGRADECIMIENTOS.....	21
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21

## RESUMEN

El monitoreo volcánico consiste en observar los cambios ocurridos en diferentes fases del estado de un volcán, mediante la aplicación de una serie de disciplinas, técnicas e instrumentos, tanto tradicionales como modernos. Uno de estos cambios es la deformación de la superficie volcánica, la cual puede ser causada, entre otras razones, por movimientos de magma, cambios del estado de esfuerzos de la corteza terrestre bajo el volcán o por variaciones de presión interna. El INGEMMET en marco del proyecto de Monitoreo de Volcanes del sur del Perú está implementando redes geodésicas para la vigilancia de volcanes activos, siendo uno de los primeros el volcán Ubinas, esta red, contempla técnicas de geodesia clásica como son la medida electromagnética de distancias (EDM), ángulos y técnicas espaciales como GPS e InSAR.

En el presente Informe se muestran los resultados de las medidas de distancia obtenidas en el periodo enero a octubre de 2009, en las estaciones bases UD01 y UD02 y las estaciones soportes de prismas UD15, UD16 y UD17. Durante este periodo se realizaron 3 campañas: la primera campaña se llevó a cabo entre marzo y abril; la segunda, entre junio y julio y la tercera en septiembre del 2009, utilizando para la medición de distancias una estación total Topcon GPT8002A. Así, la variación de las distancias desde la estación UD01 a UD15 fue de 1 mm comparado entre la primera y segunda campaña y de 2 mm entre la segunda y tercera campaña, para las distancias de UD01 a UD16, no hay variaciones de la primera a la segunda campaña mientras que de la segunda a la tercera campaña fue de 3 mm, las distancias de UD01 a UD17, tuvieron una variación de 5 mm de la primera a la segunda campaña mientras que de la segunda a la tercera solo se ha visto una variación de 1 mm. Desde la estación UD02 a UD16 la distancia varió en 2 mm de la primera a la segunda campaña y de 4 mm de la segunda a la tercera campaña, finalmente las distancias desde UD02 a UD17 variaron 4 mm de la primera a la segunda campaña y 1 mm de la segunda a la tercera campaña.

De acuerdo a los resultados obtenidos, las variaciones fueron por debajo de los 5 mm, las mismas que se encuentran dentro del rango de precisión del equipo (Topcon, Instruction Manual). Cabe mencionar también que las mediciones se realizaron desde 3.4 km de distancia y no se realizaron correcciones por factores atmosféricos. Por otro lado las variaciones presentan distribuciones aleatorias; es decir, no guardan un patrón que describa una tendencia clara ya sea positiva o negativa para interpretarla como posible inflación o deflación del flaco del volcán debido, a las pocas mediciones. Si comparamos con resultados de otros volcanes activos como el Tungurahua (Ecuador) y Turrialba (Costa Rica), donde las variaciones de distancias han sido de centímetros y observados durante varios años de monitoreo, el volcán Ubinas no presentó deformación importante durante el año 2009.

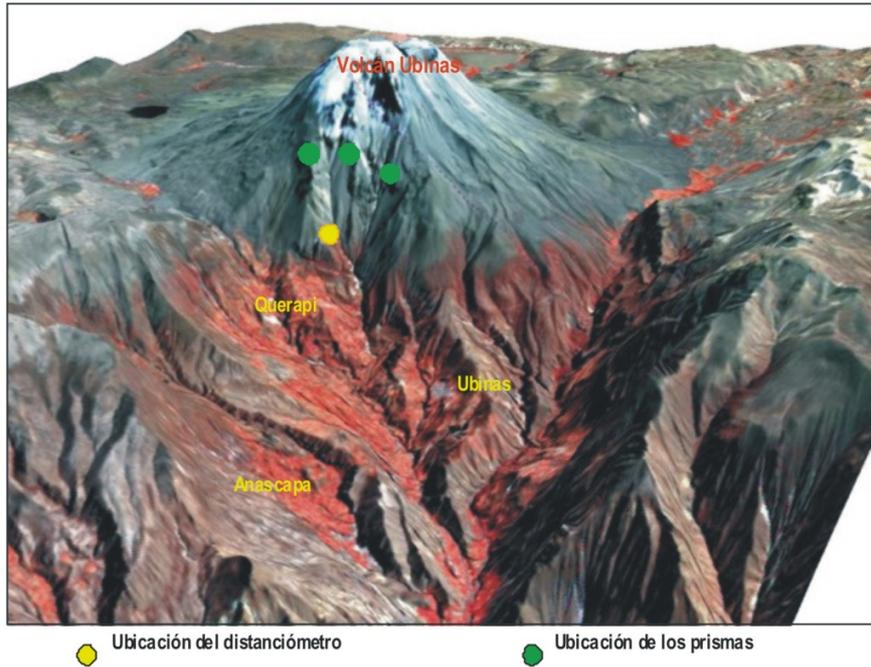
## 1. INTRODUCCIÓN

El movimiento subsuperficial de magma, el flujo de gases o magma desde la cámara magmática y los conductos, la expansión-contracción térmica producen en la superficie de los volcanes deformaciones. Estas deformaciones pueden ser del tipo inflación, generalmente previo a las erupciones, si el magma asciende y se produce calentamiento del sistema hidrotermal. En una etapa eruptiva, cuando los esfuerzos se relajan, las deformaciones son a manera de deflación de la superficie, o subsidencia. La comparación de parámetros de sitios monumentados en forma permanente en la superficie volcánica permite determinar los desplazamientos de esos puntos con referencia a sitios estables de una red geodésica. Las redes de deformación volcánica están diseñadas para detectar en forma estadísticamente significativa esas deformaciones.

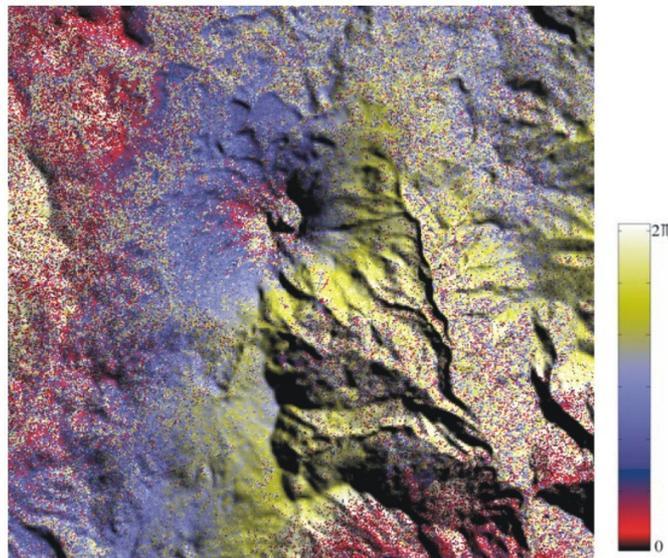
Las técnicas convencionales más utilizadas incluyen la determinación de distancias y ángulos de alta exactitud, con teodolitos o en tiempos más recientes las estaciones totales. Estos instrumentos permiten la determinación de desplazamientos en el plano horizontal y subhorizontal (distancias inclinadas). También se utiliza el nivel preciso con micrómetro y miras invar para la componente vertical (Van der Laat, 2008, comunicación personal). Los instrumentos descritos, son utilizados para mediciones discretas, por lo que normalmente se pueden determinar tendencias de las deformaciones y dependiendo de la frecuencia de muestreo, algunos eventos de menor duración pueden quedar ocultos entre mediciones.

En el volcán Ubinas, de acuerdo con los estudios geológicos realizados por Rivera (1998) y Thouret et al. (2005), se evidenció que el flanco sur es la zona más inestable del volcán debido a que el cráter activo se ubica muy cerca de este flanco, y por tanto, las rocas están muy alteradas, además de poseer una pendiente fuerte. En caso de ocurrir una erupción importante de este volcán, lo más probable es que esta zona colapsaría como lo ocurrido hace 3670 años  $\pm$  60 A.P. (Rivera, 1998), afectando así, a las localidades asentadas a lo largo del valle de Ubinas.

A fin de monitorear los cambios que puedan suceder en esta zona, como consecuencia a la intensa actividad volcánica presentada desde marzo de 2006, el INGEMMET efectuó el monitoreo de deformación utilizando la Estación Total y Distanciómetro Laser (Figura 1) entre mayo y junio de 2006 y mediante el análisis de imágenes satelitales ENVISAT del 4 de diciembre del 2004 y del 13 de mayo del 2006 a las cuales se aplicó el método de Interferometría de Radar, InSAR (Figura 2) en cooperación con CONIDA (Mariño et al., 2006). Los resultados obtenidos de la medición de distancias y mediante InSAR mostraron que no se habría producido deformación hasta junio de 2006.



**Figura 1.** Ubicación de las estaciones geodésicas para el monitoreo de deformación del flanco sur del volcán Ubinas, estaciones correspondiente al periodo mayo a junio de 2006.



**Figura 2.** Interferograma obtenido para el volcán Ubinas mediante INSAR. La disposición de las franjas de color rojo y azul evidencia la existencia de deformación. En el volcán Ubinas no se observó deformación

Posteriormente, en agosto de 2008, el INGEMMET reinició con el monitoreo de geodésico del volcán Ubinas el cual consistió en la construcción de cinco estaciones: 2 estaciones base UD01 y UD02 y 3 estaciones soporte de prismas UD15, UD16 y UD17. Durante el año 2009, el trabajo consistió, principalmente, en la medición de distancias (EDM) desde las estaciones base hacia las estaciones soporte de prismas durante las campañas de campo realizadas entre marzo-abril, junio-julio y septiembre de 2009. Los resultados obtenidos de estas campañas de campo son presentados en el presente informe.

## **2. EL VOLCAN UBINAS**

### **2.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

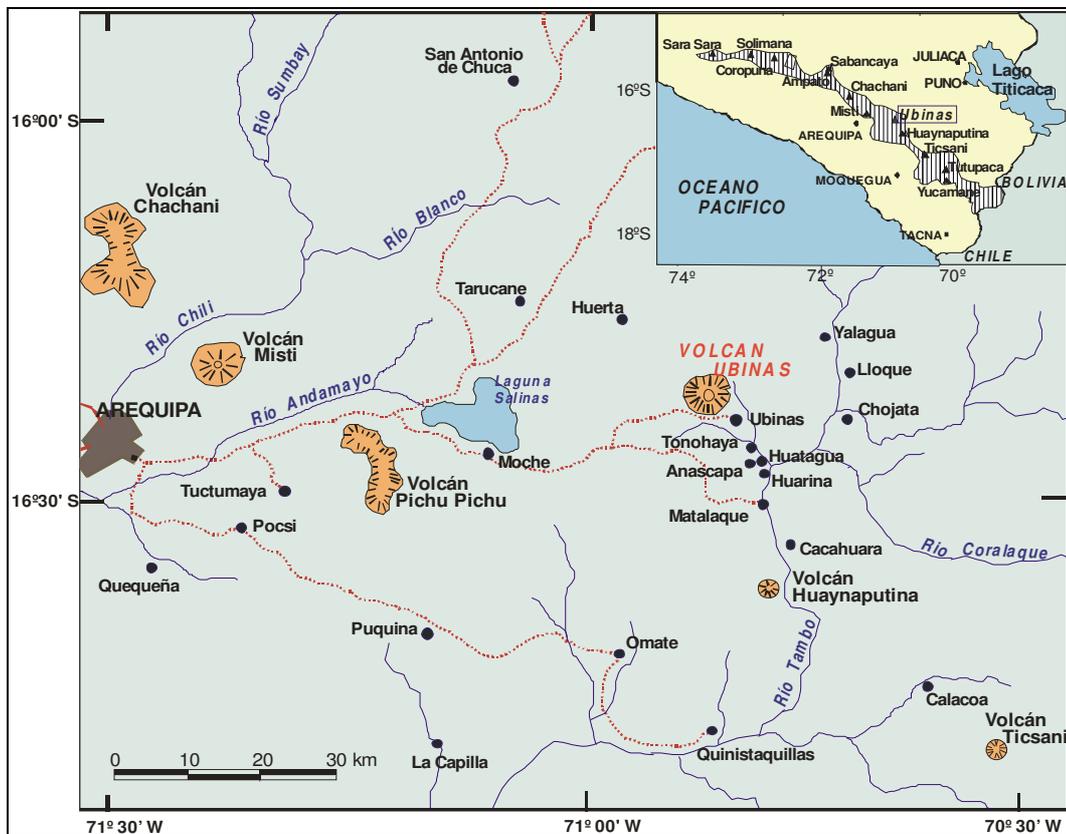
El volcán Ubinas, se ubica a 70 km en dirección Este de la ciudad de Moquegua y 6 km de Ubinas la localidad más próxima al volcán (Figura 3). Este estrato-volcán activo de 5672 m.s.n.m., forma parte del extremo Norte de la Zona Volcánica de los Andes Centrales (16°22' S, 70°54' O) y es considerado como el más activo del sur de Perú por sus 23 episodios eruptivos registrados desde 1550 AD hasta la actualidad, con una recurrencia de 1 a 6 erupciones por siglo (Rivera, 1998). En el extremo Sur del volcán Ubinas se observa el valle de Ubinas por donde discurre el río del mismo nombre, en cuyas márgenes se localizan más de 6 poblados (Querapi, Ubinas, Tonohaya, Huatahua, Anascapa y Huarina). Ahí habitan 5,000 personas aproximadamente, que durante el siglo XX fueron afectados por la actividad eruptiva del volcán, causando la pérdida de vidas humanas, animales y de terrenos de cultivo. (Diario el Pueblo, 1936, 1937, 1951, 1969).

### **2.2. MONITOREO GEODÉSICO DE DEFORMACIÓN DEL VOLCÁN UBINAS, PERIODO ENERO-SEPTIEMBRE DE 2009**

#### **2.2.1. Equipos utilizados**

Los equipos utilizados son:

- a) Un GPS Diferencial Trimble 4000 SSE, de doble frecuencia, GPS Promark3 de una frecuencia, a fin de orientar el equipo antes de iniciar las operaciones y para obtener el posicionamiento preciso de la estación.
- b) Una Estación Total Topcon GPT8002A, de un segundo de precisión nominal, para la medición de distancias entre las estaciones base (UD01, UD02) y las de soporte de prismas (UD15, UD16, UD17).



**Figura 3.** Ubicación geográfica del volcán Ubinas y las principales localidades del valle de Ubinas (tomado de Mariño et al., 2006).

### 2.2.2. Ubicación de estaciones base y soporte de prismas

Para el monitoreo geodésico del volcán Ubinas mediante GPS y Estación Total, se construyeron 5 estaciones (Figura 4, Cuadro 1); dos estaciones base UD01 (Figura 5) y UD02 (Figura 6) y tres reflectores o estaciones soporte de prismas UD15 (Figura 7), UD16 (Figura 8) y UD17 (Figura 9), en el flanco sur del volcán Ubinas por ser la zona más susceptible a sufrir colapso.



**Figura 4.** Ubicación de los puntos de control del monitoreo de deformación del flanco sur del volcán Ubinas. UD01 y UD02 son estaciones base y UD15, UD16 y UD17 estaciones soporte de prismas.

**Cuadro 1.** Coordenadas referenciales UTM WG84 de los sitios de medición. UD es el código de la estación (Ubinas Deformación) seguido de la numeración de puntos de monitoreo.

ESTACIÓN	TIPO	COORDENADAS UTM		H
		LONGITUD	LATITUD	
UD01	Base	297422	8187365	4199
UD02	Base	299002	8187679	3883
UD15	Prisma	296686	8190109	4960
UD16	Prisma	297957	8190299	4730
UD17	Prisma	298489	8190526	4790



**Figura 5.** Pilar de la estación base UD01.



**Figura 6.** Pilar de la estación base UD02.



**Figura 7.** Estación soporte de prismas UD15.



**Figura 8.** Estación soporte de prismas UD16.



**Figura 9.** Estación soporte de prismas UD17

Durante el 2009, se realizaron 3 campañas de campo para la toma de datos; el primero, entre marzo-abril; el segundo, entre junio-julio y el tercero, en septiembre. En cada una de las campañas realizadas, se efectuó el reconocimiento de las estaciones base y soporte de prismas, verificando que no esté alterado y/o destruido; luego, se procedió con la recolección de observaciones, durante un día, utilizando el GPS. Posteriormente se ubicó la Estación Total en las estaciones base UD01 y UD02, una vez ubicada en la estación base, se procedió con las mediciones de distancias (EDM) hacia las estaciones soporte de prismas UD15, UD16 y UD17 en un proceso de ida y vuelta.

### **2.2.3. Medición utilizando GPS Diferencial**

Las observaciones con GPS Diferencial se realizaron, solamente en las estaciones base UD01 y UD02 durante las campañas marzo-abril, junio-julio y septiembre del presente año; estas observaciones corresponden a las dos primeras campañas (a excepción de septiembre) y fueron procesados con el programa GPSurvey en la Oficina de Catastro de INGEMMET, Lima. Los resultados obtenidos del procesamiento correspondiente a las estaciones UD01 y UD02 son presentados en los Cuadros 2 y 3 respectivamente. En ambos cuadros se puede observar que entre ambas observaciones, las diferencias son mínimas y se encuentran dentro del margen de error del equipo. Por lo que solo se tomaran estos valores como referencia.

**Cuadro 2.** Posicionamiento de la estación base UD01

FECHA	ESTACION	COORDENADAS WGS84		
		LATITUD	LONGITUD	ALTURA (m)
29/03/2009	UD01	16° 23' 11.620645"	70° 53' 48.626081"	4199.390
27/03/2009	UD01	16° 23' 11.620790"	70° 53' 48.625983"	4199.399

**Cuadro 3.** Posicionamiento de la estación base UD02

FECHA	ESTACION	COORDENADAS WGS84		
		LATITUD	LONGITUD	ALTURA (m)
30/03/2009	UD02	16° 23' 01.581404"	70° 52' 55.118677"	3883.375
03/07/2009	UD02	16° 23' 01.581083"	70° 52' 55.118588"	3883.379

#### 2.2.4. Medición utilizando Estación Total

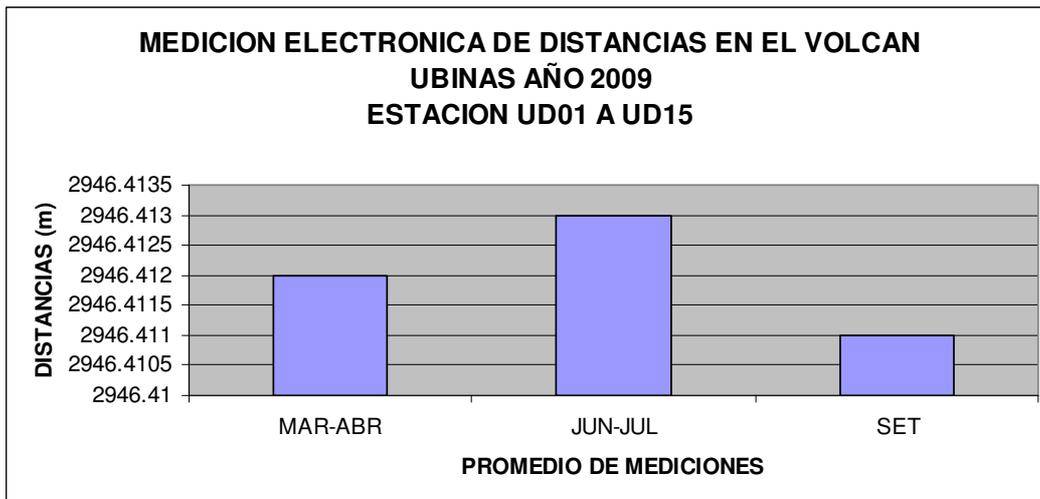
En cada campaña de campo se realizaron mediciones repetitivas EDM de la estación base UD01 a las estaciones soporte de prismas UD15, UD16 y UD17; así como, de la estación base UD02 a UD15, UD16 y UD17; posteriormente se promediaron dichas mediciones obteniendo un resultado por campaña, los mismos que son descritos individualmente.

##### 2.2.4.1. Medición de UD01 a UD15

En el Cuadro 4 y Figura 10, se aprecia los promedios EDM de la estación base UD01 a la estación soporte de prisma UD15 obtenidas en las 3 campañas realizadas el 2009. Comparando los valores promedio de estas campañas, se puede observar variaciones de 1 mm y 2 mm durante la campaña marzo-abril con la de junio-julio y junio-julio con la obtenida en setiembre.

**Cuadro 4.** Distancias obtenidas de la estación base UD01 a la estación soporte de prisma UD15.

MEDICION ESTACION		CAMPAÑA	DISTANCIA (m)
DE	A		
UD01	UD15	MAR-ABR	2946.412
UD01	UD15	JUN-JUL	2946.413
UD01	UD15	SET	2946.411



**Figura 10.** Gráfico de barras de la distancia de la estación UD01 a la estación soporte de prisma UD15

#### 2.2.4.2. Medición de UD01 a UD16

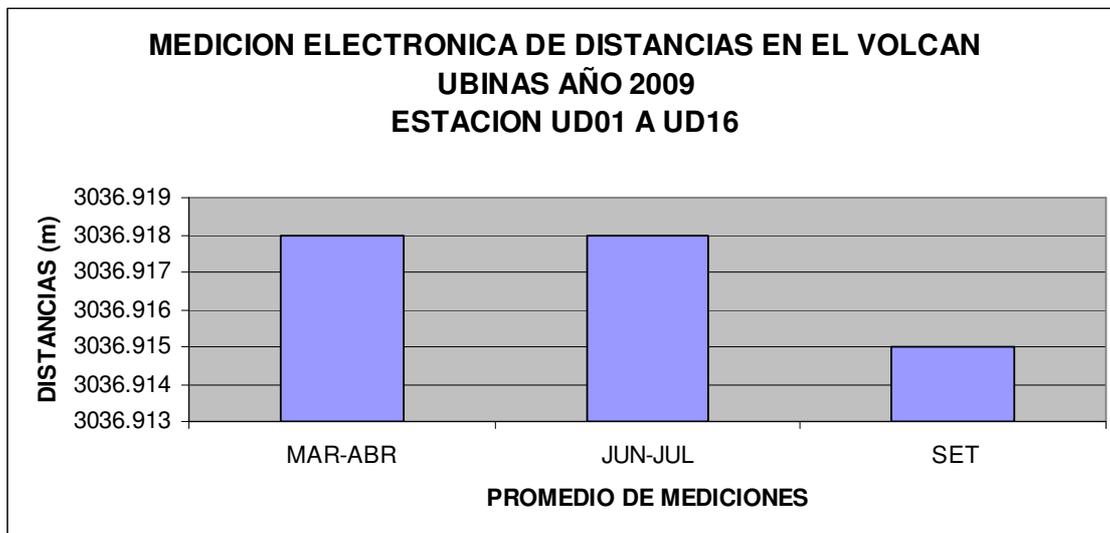
En el Cuadro 5 y Figura 11, se aprecia los promedios EDM de la estación base UD01 a la estación soporte de prismas UD16 obtenidas en las 3 campañas realizadas el 2009. Comparando los valores promedio de estas campañas, se puede observar variaciones de 3 mm durante la campaña junio-julio con la obtenida en setiembre.

**Cuadro 5.** Distancias promedio obtenidas de estación base UD01 a la estación soporte de prisma UD16

MEDICION ESTACION		CAMPAÑA	DISTANCIA (m)
DE	A		
UD01	UD16	MAR-ABR	3036.918
UD01	UD16	JUN-JUL	3036.918
UD01	UD16	SET	3036.915

#### 2.2.4.3. Medición de UD01 a UD17

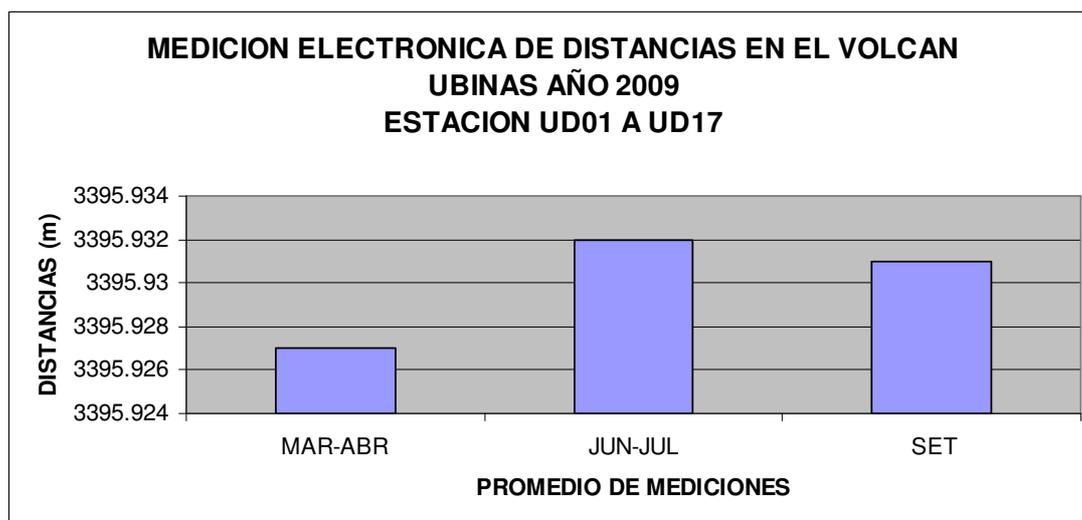
Comparando los valores promedio obtenidos de las mediciones de la estación base UD01 a la estación soporte de prismas UD16 (Cuadro 6, Figura 12), se puede observar variaciones de 5 mm durante la campaña marzo-abril con junio-julio de 2009 y de 1 mm entre junio-julio con septiembre de 2009.



**Figura 11.** Gráfico de barras de distancias de la estación base UD01 a la estación soporte de prisma UD16

**Cuadro 6.** Distancias obtenidas de la estación base UD01 a la estación soporte de prisma UD17

MEDICION ESTACION		ESTACION	DISTANCIA (m)
DE	A		
UD01	UD17	MAR-ABR	3395.927
UD01	UD17	JUN-JUL	3395.932
UD01	UD17	SET	3395.931



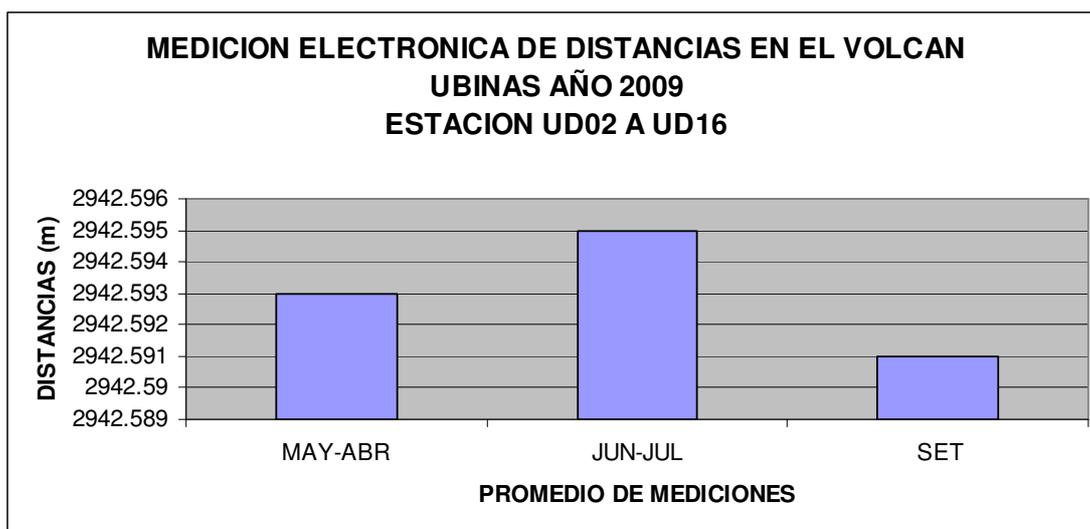
**Figura 12.** Gráfico de barras de la distancia de la estación base UD01 a la estación soporte de prisma UD17

#### 2.2.4.4. Medición de UD02 a UD16

En el Cuadro 7 y Figura 13, se aprecia promedios EDM de la estación base UD02 a la estación soporte de prisma UD16 obtenidas en las tres campañas antes mencionadas, en este caso, corresponden a las mediciones de vuelta desde la estación base UD02. Las variaciones obtenidas son de 2 mm comparando las mediciones de marzo-abril y junio-julio; mientras que, entre junio-julio y septiembre la variación fue de 4 mm.

**Cuadro 7.** Distancia de estación base UD02 a la estación soporte de prisma UD16

MEDICIÓN ESTACIÓN		ESTACIÓN	DISTANCIA (m)
DE	A		
UD02	UD16	MAR-ABR	2942.593
UD02	UD16	JUN-JUL	2942.595
UD02	UD16	SET	2942.591



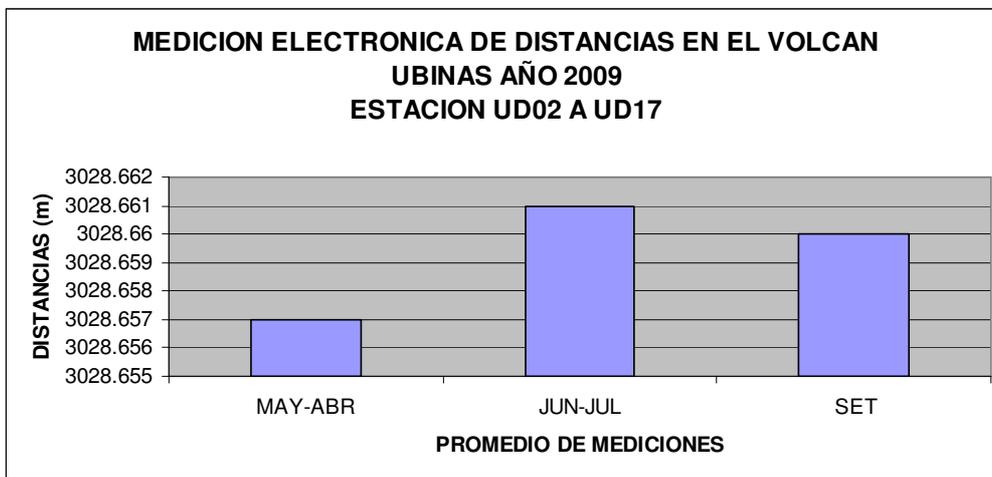
**Figura 13.** Gráfico de barras de distancias de la estación base UD02 a la estación soporte de prisma UD16

#### 2.2.4.5. Medición de UD02 a UD17

En el Cuadro 8 y Figura 14, se aprecia promedios EDM de la estación UD02 a UD17. Los resultados muestran variaciones de 4 mm comparando datos obtenidos en marzo-abril y junio-julio; mientras que entre junio-julio y septiembre, la variación fue de 1 mm.

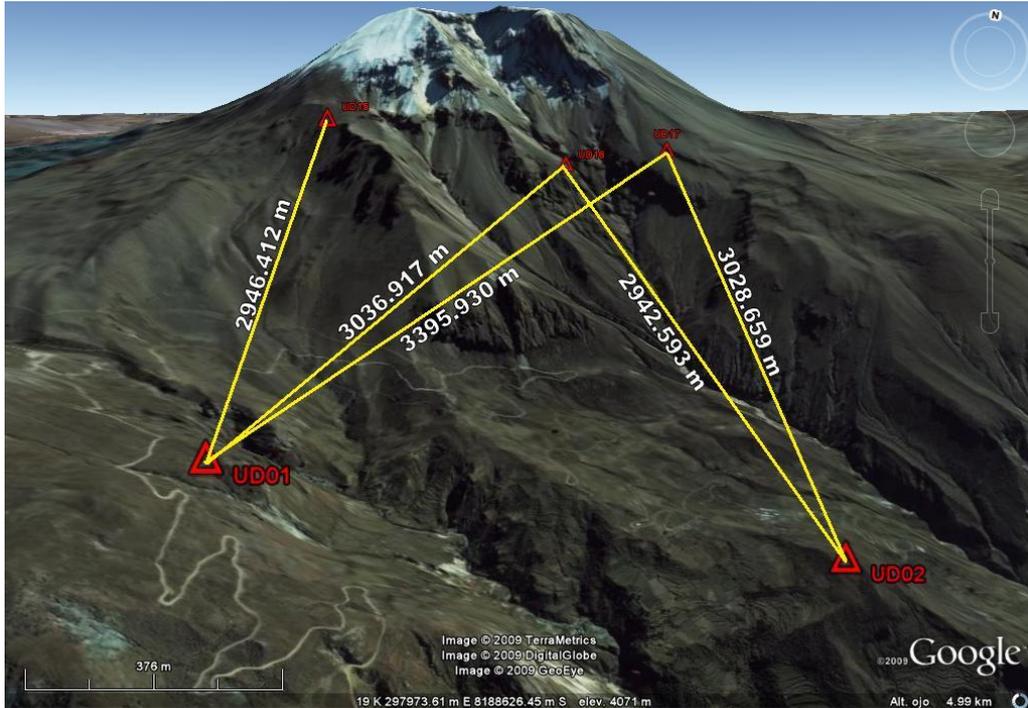
**Cuadro 8.** Distancia de estación base UD02 a la estación soporte de prisma UD17

MEDICION ESTACION		ESTACION	DISTANCIA (m)
DE	A		
UD02	UD17	MAR-ABR	3028.657
UD02	UD17	JUN-JUL	3028.661
UD02	UD17	SET	3028.660



**Figura 14.** Gráfico de barras de distancia de la estación base UD02 a la estación soporte de prisma UD17

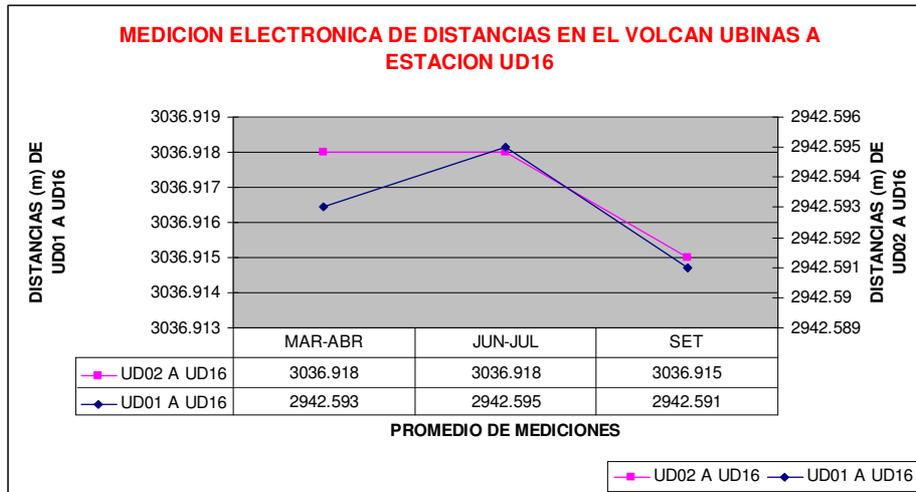
En la Figura 15, se presenta la distancia promedio obtenida durante las 3 campañas de campo realizadas en el 2009, desde las estaciones base UD01 y UD02 hacia las estaciones soporte de prismas UD15, UD16 y UD17.



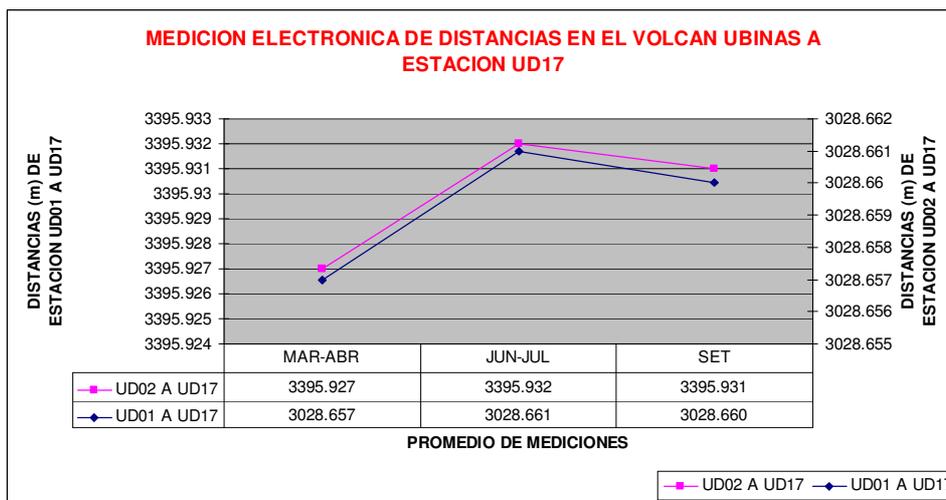
**Figura 15.** Resultados EDM promediados de las campañas realizadas durante el 2009.

### 3. DISCUSIÓN

Las mediciones efectuadas desde las estaciones base UD01 y UD02 hacia las estaciones soporte de prismas UD16 y UD17, han permitido obtener distancias promedio y comparar los valores correspondientes a las campañas marzo-abril, junio-julio y septiembre de 2009 en un proceso de ida y vuelta (Figuras 16 y 17). Estas variaciones de distancias oscilan entre 1 mm y 5 mm, los mismos que se encuentran dentro del rango de precisión del equipo. Las variaciones observadas durante las 3 campañas pueden estar atribuidas también a factores atmosféricos pues no se realizó las correcciones respectivas. Por otro lado, la distribución de las mediciones desde las estaciones base UD01 (Figura 16) y UD02 (Figura 17) hacia las estaciones soporte de prismas UD15, UD16 y UD17 son aleatorias; es decir, no guardan un patrón que describa una tendencia clara ya sea positiva o negativa para interpretarla como posible inflación o deflación del flaco del volcán debido a las pocas mediciones realizadas durante el periodo de monitoreo (enero-septiembre del 2009).



**Figura 16.** Mediciones promedio de EDM desde las estaciones base UD01 y UD02 a la estación soporte de prisma UD16

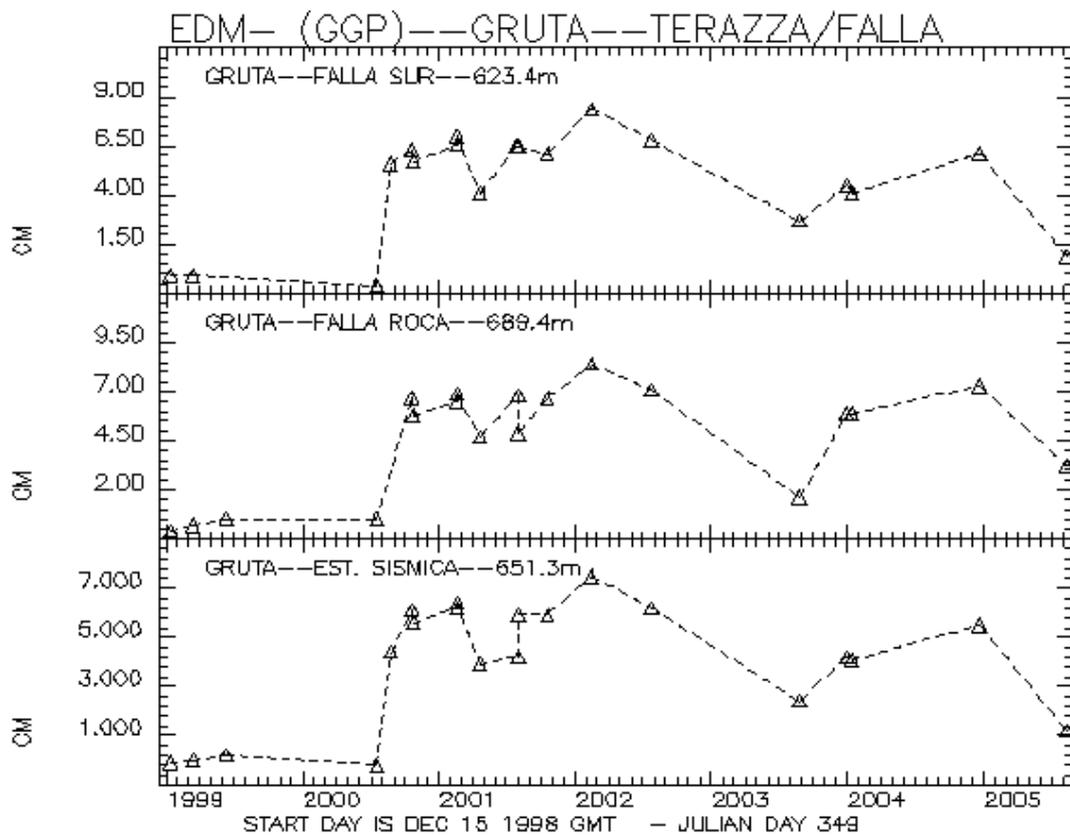


**Figura 17.** Mediciones promedio de EDM desde las estaciones base UD01 y UD02 a la estación soporte de prisma UD17

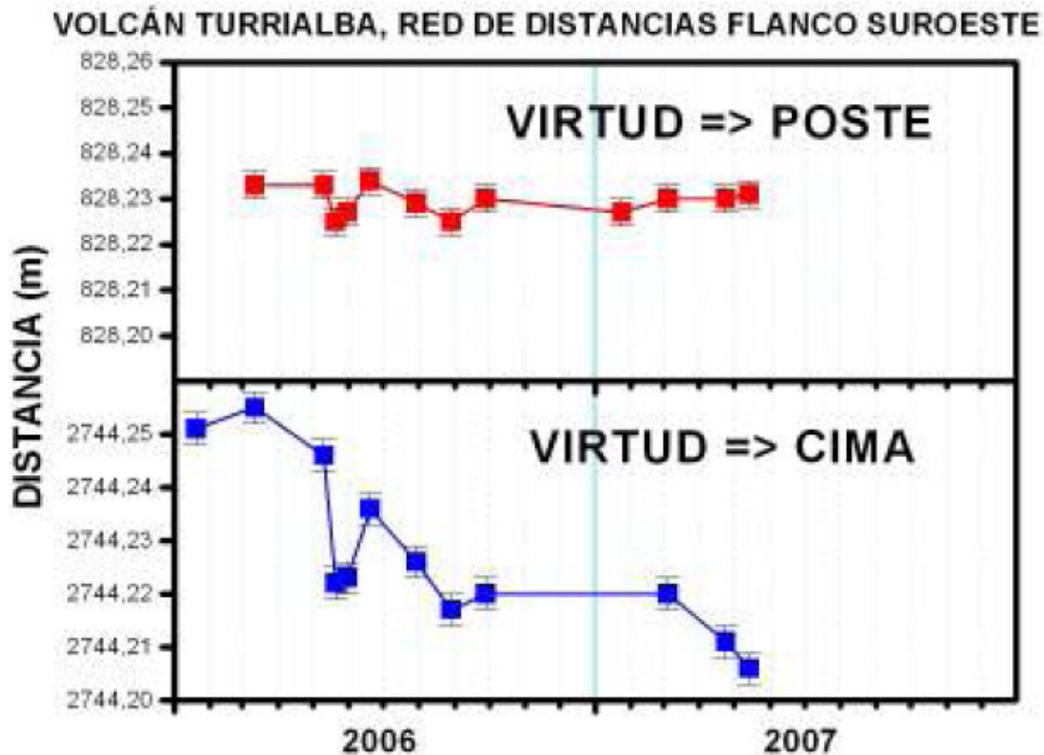
Con fines de comparación se puede observar que los resultados EDM obtenidos en la estación Gruta el volcán Guagua Pichincha, Ecuador (Figura 18), tienen variaciones a nivel de varios centímetros, pero es importante señalar que en este volcán las variaciones EDM han sido observadas por un periodo de tiempo más largo, desde el 1999 hasta el 2005 (Escuela Politécnica Nacional Departamento de Geofísica, 2005). Similar situación se presenta con el volcán Turrialba, Costa Rica (Figura 19); solamente en el año 2006, se efectuaron 9 mediciones lo que permitió identificar mejor las variaciones temporales entre una y otra campaña, dando como resultado un

proceso de inflación localizado en la zona cercana al cráter oeste del volcán Turrialba (OVSIORI, 2007).

Si se compara las 3 campañas de mediciones EDM realizadas en el volcán Ubinas durante el 2009 y los realizados en los volcanes Tungurahua (Ecuador) y Turrialba (Costa Rica), se puede ver claramente que el número de mediciones efectuadas es mínimo; por lo tanto, es necesario considerar el mayor número de campañas de campo durante el año, además de optimizar el monitoreo mediante la aplicación de nuevas técnicas de monitoreo geodésico instrumental y mediante el procesamiento de imágenes satelitales.



**Figura 18.** EDM del volcán Guagua Pichincha, Ecuador (Tomado de Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Geofísica, 2005)



*Figura 19. EDM obtenido en la estación Virtud del volcán Turrialba, Costa Rica (Tomado de OVSICORI, 2007)*

#### 4. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos del monitoreo geodésico en el volcán Ubinas, utilizando GPS y Estación Total, se concluye que:

- a) Durante el 2009, se ejecutaron mediciones de posicionamiento y distancias durante las 3 campañas de campo realizadas entre marzo-abril, junio-julio y septiembre de 2009.
- b) Las variaciones de posición obtenidas con el GPS diferencial en las estaciones base UD01 y UD02 son mínimas, encontrándose dentro del rango de error del equipo.
- c) Las variaciones obtenidas de los valores promedio de distancias obtenidas desde las estaciones base UD01, UD02 hacia las estaciones soporte de prismas UD15, UD16 y UD17 son menores a 5 mm, valores que podrían ser atribuidas a variaciones temporales o alteraciones atmosféricas durante la adquisición de datos.

- d) Aún cuando no cuenta con información de mayor número de campañas, se concluye que, a diferencia de lo observado en los volcanes Tungurahua y Turrialba, el volcán Ubinas no ha presentado deformación importante durante el periodo 2009.

## **5. RECOMENDACIONES**

- a) Instalar prismas permanentes en las estaciones soporte de prismas UD15, UD16 y UD17, a fin de obtener mayor número de datos y evitar la pérdida de tiempo en la colocación y/o retiro de los prismas y evitar inducir errores por variación en la ubicación de los prismas.
- b) Intensificar el número de campañas por año, para obtener mayor información comparable entre una y otra campaña.
- c) Recoger datos de factores atmosféricos como la temperatura y presión a fin de corregir los resultados.
- d) Adquirir e instalar inclinómetros a fin de complementar las observaciones electrónicas de distancias (EDM).
- e) Considera la instalación de GPS permanente con transmisión en tiempo real, a fin de controlar la deformación en forma continua.

## **6. AGRADECIMIENTOS**

Especial agradecimiento a la Municipalidad Distrital de Ubinas (Moquegua) por el apoyo brindado con los materiales de construcción (cemento, arena, fierros, etc.) y ayudantes de campo, que ha permitido la construcción de los primeros 2 monumentos geodésicos y 3 estaciones soporte de prismas. Las estaciones construidas permitirán continuar con la implementación y monitoreo geodésico del volcán Ubinas.

## **7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Diario "El Pueblo", de fechas: 11 de enero y 30 de junio - 1936, 25 de mayo, y 10 y 22 de junio-1937, 24 de julio, 13 de setiembre - 1951, 1 y 19 de junio de 1969; Arequipa.

Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Geofísica (2005). Volcán Guagua Pichincha Resumen Anual de Actividad 2005. Pp 3

Mariño, J. (2006). Vigilancia del flanco sur con distanciómetro láser. En página web: <http://www.ingemmet.gob.pe/webubinas/01-vigilancia.htm> . INGEMMET

Mariño, J., Rivera, M., Cacya, L., Cruz, V. (2006). Evaluación de Seguridad Física de Áreas Aledañas al Volcán Ubinas. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Informe Técnico. 26 p.

Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica - Universidad Nacional Costa Rica (2007). Boletín Técnico, pp6.

Rivera, M. (1998). El Volcán Ubinas (sur del Perú): Geología, Historia eruptiva y Evaluación de las amenazas volcánicas Actuales. Tesis para optar el título profesional de Geólogo. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas, Escuela de Ingeniería Geológica. 74-75

Topcon, Instruction manual GPT8000/8000A series, Tokio. 145 p.  
<http://www.midwestsurveyors.com/downloads/manuals/GPT8000A.pdf>