# MODELO TÉRMICO DE UN SISTEMA DE CÀMARA Y CONDUCTOS MAGMÀTICOS

R. M. PROL*

RESUMEN

Partiendo de la ecuación de conservación de energía se desorrolla un modelo para calcular el campo de temperatura debido a la existencia de un sistema cámara-conductos magmáticos, suponiendo que éste puede ser representado por un modelo estacionario.

ABSTRACT

A model to calculate the temperature field for a system magmatic chamber-conduits is developed, using the conservation of energy equation. The model is made on the basis of a stedy-state behaviour of the system.

## INTRODUCCIÓN

Las zonas de vulcanismo activo en México tienen gran importancia, entre otros, desde el punto de vista de su explotación para la obtención de energía geotérmica. La carencia de trabajos de prospección geofísica detallada, plantea el problema de determinar la distribución aproximada de temperatura, basándose en datos geológicos superficiales. En el presente artículo se desarrolla un modelo simple, que permite conocer la distribución aproximada de temperatura de una zona volcánica, en donde se tienen bases para suponer la existencia de cámaras y conductos magmáticos que han alcanzado el equilibrio térmico.

## MODELO

Los modelos teóricos del campo de temperatura se basan en la solución

* Instituto de Geofísica, UNAM.

de la ecuación de conservación de la energía. Resolver esta ecuación en forma analítica presenta grandes dificultades (Carslaw y Jaeger, 1959), por lo que es necesario recurrir al uso de métodos numéricos para obtener soluciones aproximadas, uno de los métodos que han dado mejores resultados es el de diferencias finitas. El campo de temperatura de una cámara magmática puede ser modelada utilizando solamente dos dimensiones espaciales, o sea que la ecuación de conservación de la energía en coordenadas cilíndricas tiene la forma:

$$\rho c_p \frac{\partial T(x,z,t)}{\partial t} = \frac{\partial}{x\partial x}\left(K\frac{\partial T(x,z,t)}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(K\frac{\partial T(x,z,t)}{\partial z}\right)$$
$$+ H(x,z,t) \quad (1)$$

en donde; T — temperatura; $\rho$ — densidad; K — conductividad; $c_p$ — capacidad calorífica; H — Función que expresa las fuentes de calcr.

Esta ecuación se simplifica bastante suponiendo un campo de temperaturas estacionario:

$$\frac{\partial}{x\partial x}K\frac{x\partial T(x,z)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z}K\frac{\partial T(x,z)}{\partial z} = -H(x,z) \quad (2)$$

Esta fórmula puede emplearse para modelar sistemas que han alcanzado un equilibrio térmico, por ejemplo un sistema-cámara y conductos magmáticos, que han existido durante un tiempo $t > 10^4$ años (Fedotov, 1980), o sea que un modelo térmico estacionario puede aplicarse a aquellos volcanes que aparecieron antes del holoceno.

Dado un volcán es posible conocer las dimensiones de la cámara magmática, a partir de los volúmenes de magma arrojados o del gasto de magma y de las temperaturas de magma en el conducto alimentador de la cámara y dentro de ella (Fedotov, 1980). Estas temperaturas pueden ser estimadas por la temperatura de fusión del tipo de magma de que se trate. La fórmula que relaciona estos parámetros es:

$$\Omega(t)\frac{T_1}{T_2} = a\, r^3 max\,(t) \quad (3)$$

donde a es una constante que depende de la forma de la cámara (a = 0.62 para una cámara esférica y a = 0.84 para una cámara lenticular); $\Omega(t)$ — volumen de magma arrojado al tiempo t, $r^3max\,(t)$ = radio máximo de la cámara al tiempo t, $T_2$ — temperatura de la superficie de la cámara, $T_1$ — temperatura del conducto alimentador.

Una vez que se determinan las dimensiones de la cámara, puede aplicarse la ecuación (2) a una región con temperatura constante en la superficie $T = 0°$, en los bordes laterales se supone un gradiente de temperatura correspondiente a una zona estable y en el borde inferior la temperatura es igual a la temperatura en el borde lateral a esa profundidad. Los parámetros térmicos de esta región dependen del tipo de zona que se esté modelando, el modelo más simple contiene solamente capas horizontales, para cada una de las cuales los parámetros son constantes, pero sin grandes dificultades pueden introducirse las características estructurales de la zona en estudio.

Dentro de esta región se delimita la zona ocupada por la cámara y el o los conductos; y dado que se les está suponiendo estacionarios, la temperatura en su superficie se mantiene constante durante todo el proceso: $T_2$ para la superficie de la cámara y $T_c$ para la superficie de los conductos. Tomando en cuenta estas consideraciones se obtiene la solución de la ecuación (2) por el método de diferencias finitas para una red rectangular (Samarskiy, 1977). El proceso iterativo con el que se resuelve la ecuación (2) se continúa hasta que se alcanza la aproximación deseada $\delta_e = T_o^e - T_o^{e-1}$.

## DISCUSIÓN

De esta forma queda determinada la temperatura T en cada punto de la red, i. e. se determina el campo de temperatura en una región, con inhomogeneidades, que contiene un sistema estacionario cámara-conductos magmáticos. Con estos resultados para la distribución de temperaturas y con los parámetros de conducción de calor se obtiene el valor del flujo de calor superficial que puede ser comparado con los valores medidos.

Esta representación de los canales magmáticos ha sido empleada por ejemplo para modelar los conductos por los que el magma asciende desde los focos magmáticos en una zona de subducción (Prol, 1980), obteniendo resultados satisfactorios y, puede ser empleada para obtener el campo de temperaturas de antiguas zonas volcánicas con posibilidades de ser explotadas para obtención de energía geotérmica. En México este modelo puede ser aplicado, entre otras zonas, en la caldera de La Primavera, la cual reúne las condiciones necesarias para ser considerada como un sistema estacionario.

Los resultados de este modelo térmico pueden además ser correlacionados con los resultados correspondientes al mismo modelo para los campos gravitacional y magnético, con lo cual es posible evaluar la confiabilidad de los parámetros empleados.

## CONCLUSIONES

Utilizando un modelo estacionario bastante simple puede ser determinado al campo de temperatura para zonas que presentan actividad volcánica desde antes del holoceno a partir de datos acerca de la composición y volúmenes de las lavas eyectadas.

## BIBLIOGRAFÍA

CARSLAW, H. S., J. C. JAEGER, 1959. Conduction of heat in solids (2nd. Ed.) Oxford Univ. Press. London.

FEDOTOV, S. A., 1980. O vkhodnikh temperaturakh magm, obrazovanii, razmerakh i evolutsii magmaticheskikh echagov vulcanov. (Acerca de las temperaturas de inyección del magma, la formación, dimensiones y evolución de los focos magmáticos de volcanes). Vulcanologia i Seysmologia. O. 4, pp. 3-29 (en ruso).

PROL. R. M., 1980. Geotermicheskaya model mekcikanskogo vulcanicheskogo poyasa. (Modelo geotérmico de la faja volcánica mexicana.) Tesis Doctoral. Inst. Física de la Tierra. Acad. Ciencias. Moscú (en ruso).

SAMARSKIY, A. A., 1977. Teoría raznostnikh skhem (Teoría de esquemas diferenciales) Nauka, Moscú (en ruso).