

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN (Internos, Semilla, Inter y Multidisciplinarios, Externos):

Área del proyecto: Ciencias Básicas <input type="checkbox"/> Ciencias Aplicadas <input checked="" type="checkbox"/>
FACULTAD:
DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE GEOFISICA / CENTRO DE MODELIZACIÓN MATEMÁTICA
LINEA DE INVESTIGACIÓN: (verificable en el SAEW)

1 Proyecto de Investigación
Título: OPTIMIZACION DE LA OBTENCION DE PARAMETROS REOLOGICOS DE FLUJOS VOLCANICOS A PARTIR DE IMÁGENES DE ALTA RESOLUCION
Resumen del proyecto (máximo 200 palabras) <p>Uno de los grandes retos en la vulcanología actual es entender el comportamiento de los flujos volcánicos, sean estos flujos de lava o flujos piroclásticos. Estos fenómenos se han producido de manera sistemática en los volcanes del arco ecuatoriano y han afectado a zonas pobladas y/o a importantes infraestructuras (Tungurahua: 2006, 2010, 2013, 2014; Reventador: 2002). Debido a su naturaleza compleja los parámetros físicos (reológicos) que dominan el comportamiento de estos fenómenos son hasta ahora poco conocidos. El presente proyecto se propone seguir paso a paso estos fenómenos mediante el uso de cámaras de alta resolución en el espectro visual y en el infrarojo. Para esto se utilizará el caso del volcán Tungurahua, donde estos fenómenos ocurren a menudo. La segmentación computacional de las imágenes obtenidas posibilitará la determinación de las velocidades de los flujos, lo cual se realizará mediante la consideración de dichas imágenes en un problema de estimación óptima de parámetros, utilizando las ecuaciones de los fluidos viscoplásticos como restricción. La resolución del problema de optimización permitirá obtener una mejor estimación de los parámetros reológicos que se ajusten al comportamiento observado en la naturaleza. Los parámetros obtenidos mediante este proyecto podrán luego ser incorporados como datos de entrada en códigos numéricos capaces de simular el recorrido y depósito de los flujos volcánicos, los mismos que son una parte fundamental de la generación de mapas de amenaza volcánica.</p>
Palabras clave (3-5): Flujos volcánicos; estimación óptima de parámetros; segmentación de imágenes

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**

	<ul style="list-style-type: none"> - Objetivos <i>Objetivo General:</i> Optimizar la obtención de parámetros reológicos de los flujos volcánicos mediante la segmentación automatizada de imágenes térmicas y visuales de alta frecuencia. <i>Objetivos específicos:</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ Instalar dos cámaras con un mismo objetivo con el fin de aplicar técnicas de fotogrametría. ○ Obtener imágenes de alta resolución de flujos volcánicos en el volcán Tungurahua ○ Desarrollar técnicas de segmentación de imágenes aplicadas a flujos volcánicos. ○ Desarrollar modelos y algoritmos de optimización de parámetros aplicables a flujos volcánicos. ○ Verificación en campo y en códigos de simulación de flujos volcánicos la validez de los parámetros obtenidos. - Hipótesis Es posible obtener de manera rápida y con alta precisión los parámetros reológicos de los flujos volcánicos a partir de imágenes térmicas y visuales de alta frecuencia. - Resultados esperados <ul style="list-style-type: none"> ○ Banco de imágenes térmicas y visuales a alta frecuencia de flujos volcánicos ○ Técnicas mejoradas de segmentación de imágenes aplicables a imágenes visibles y térmicas de flujos volcánicos. ○ Modelos y técnicas de optimización para obtener los parámetros reológicos de los flujos volcánicos. - Potenciales Usuarios <ul style="list-style-type: none"> ○ Modelizadores de flujos volcánicos ○ Entidades a cargo de la generación de mapas de amenaza volcánica ○ Petrólogos y vulcanólogos experimentales
--	--

5	<p>Relevancia de esta propuesta de investigación con los objetivos científicos del departamento y su Línea de Investigación.</p> <p>La presente propuesta es relevante y concordante con las líneas de investigación del Departamento de Geofísica (Instituto Geofísico) y el Centro de Modelización Matemática (MODEMAT). El Departamento de Geofísica es el órgano encargado del estudio y delimitación de las amenazas sísmicas y volcánicas en el país. En los últimos años la creación de mapas de amenaza ha sido impulsada por la aplicación de diferentes códigos numéricos que permiten simular el transporte y depositación de los flujos volcánicos. Los parámetros reológicos ingresados en estos códigos son principalmente basados en el comportamiento de flujos teóricos o calibrados gracias a la presencia de depósitos de flujos históricos o recientes. Esto debido a la dificultad de hacer un seguimiento in situ del fenómeno a causa de su peligrosidad. El seguimiento mediante secuencias de alta frecuencia de imágenes térmicas y visuales permitirá, gracias a su tratamiento, obtener los parámetros reológicos que mejor se ajusten a los datos adquiridos. El empleo de estos parámetros así calculados en los códigos de simulación permitirá delimitar con mayor precisión el recorrido y alcance de los flujos volcánicos y en consecuencia generar mejores mapas de amenaza. El tratamiento automatizado de imágenes y el desarrollo de algoritmos que permitan optimizar la obtención de parámetros es acorde a las líneas de investigación del Centro de Modelización Matemática.</p>
----------	--

6	<p>Descripción del proyecto, metodología, cronograma de trabajo y justificación del equipo requerido</p>
----------	---

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**

- Descripción del proyecto

Este proyecto multidisciplinario pretende aprovechar las capacidades y fortalezas del Departamento de Geofísica y el Centro de Modelización Matemática de la Escuela Politécnica Nacional, poniendo en relación tanto a sus investigadores como a las técnicas y equipamientos que estos disponen. Además, se pretende adquirir equipos complementarios que permitirán ejecutar este proyecto y fortalecer el equipamiento de ambas entidades.

Este proyecto requiere el empleo de varias disciplinas y el desarrollo de varias técnicas.

Se aprovechará la experticia del IG-EPN para la programación e instalación de las cámaras adquiridas así como para la recuperación de las imágenes almacenadas en las mismas. Estas tareas implicarán varias misiones de campo en función del número de secuencias de interés que se coleccionen.

Una vez adquiridas las secuencias de imágenes el MODEMAT desarrollará técnicas de segmentación acorde con la delimitación de los fenómenos que se quiera obtener. En especial, se trabajará a partir de la reformulación de conjuntos de nivel del funcional de Mumford-Shah, conocida como metodología de Chan-Vese, y se desarrollarán algoritmos de segundo orden para su resolución numérica. Se comprobará la eficacia de los resultados de la técnica con geología de campo.

Verificados estos resultados se procederá a plantear y resolver un modelo de estimación óptima de parámetros que involucre la dinámica de los flujos viscoplásticos. Esto permitirá obtener los parámetros reológicos que mejor se ajusten a los datos de distancia alcanzada, variación de temperatura y velocidad de transporte.

Adicionalmente se usará las imágenes obtenidas de 2 puntos de vista diferentes sobre el mismo objetivo para la aplicación de técnicas de fotogrametría y se intentará obtener espesores de los depósitos, mejorando así la estimación de los volúmenes de los mismos. Los parámetros reológicos obtenidos usando estas técnicas se compararán con parámetros de la literatura y se probarán en códigos de simulación de transporte y depósito de flujos volcánicos.

Los resultados se presentarán en congresos nacionales e internacionales y se publicarán en un artículo científico.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

- Metodología y diseño de la investigación (Máximo una carilla)

Se adquirirá dos cámaras de alta resolución y alta tasa de muestreo (500 imágenes/s), las mismas que serán instaladas hacia el occidente del volcán Tungurahua con el fin de capturar imágenes de los potenciales flujos piroclásticos y de lava que pudieren descender por los flancos NW, W y SW. Para esto se usarán sitios donde el Instituto Geofísico ya cuenta con estaciones, de tal manera que la adecuación de los sitios sea lo más simple posible.

Se adquirirán imágenes simultáneas, en los rangos infra-rojos y visual, de los flujos volcánicos del Volcán Tungurahua. Las imágenes serán segmentadas computacionalmente para obtener información acerca de: variación de temperaturas, distancias recorridas, velocidades, áreas cubiertas, espesor de los flujos por fotogrametría, etc. Para la rápida segmentación de las imágenes, se desarrollarán métodos numéricos de segundo orden tipo cuasi-Newton a partir de la reformulación variacional de conjuntos de nivel de Chan-Vese (ver Chan-Shen [2005]). Los algoritmos resultantes serán implementados en paralelo, aprovechando el recurso computacional disponible y sin perder resolución en las imágenes adquiridas.

Se verificará los datos obtenidos con trabajo de geología de campo, efectuado lo más pronto posible después de cada evento registrado. En estas campañas de cartografía se usará GPS para obtener los límites de los depósitos. Estos serán ubicados en un DEM (modelo digital de terreno) que permita medir las variables antes mencionadas y se comparará los resultados con los obtenidos a partir del tratamiento de las imágenes.

La información resultante del procesamiento de las imágenes será incluida en un modelo de optimización de mínimos cuadrados gobernado por la dinámica del flujo volcánico, el mismo que está descrito a través de un sistema de ecuaciones en derivadas parciales (De los Reyes [2012]). El objetivo consiste en determinar de manera óptima los parámetros reológicos que mejor se ajusten a los datos. El modelo sería:

$$\begin{array}{ll} \min & \|u - u_{\text{med}}\|^2 \\ \text{sujeto a:} & e(u, \rho) = 0 \end{array}$$

donde: u_{med} : son las variables medidas
 ρ : son los parámetros reológicos a ser estimados
 u : son las variables de estado obtenidas a través de la solución del correspondiente sistema de ecuaciones dif. parciales $e(u, \rho) = 0$

Por la complejidad del problema de optimización en cuestión (no lineal, dependiente del tiempo), su resolución requiere del desarrollo de algoritmos de optimización en paralelo eficientes, posterior a una discretización de elementos finitos de las ecuaciones de los flujos viscoplásticos. Combinaremos métodos de optimización de segundo orden tipo SQP ("sequential quadratic programming") con el uso de métodos iterativos (gradiente conjugado, GMRES, etc.) para la solución de los sistemas lineales a gran escala. Estos, a su vez, serán preconditionados, de tal manera que puedan ser implementados en una plataforma en paralelo como la disponible en el Laboratorio de Cálculo Científico del MODEMAT (Biros et al. [2005]).

Los parámetros obtenidos numéricamente serán comparados con parámetros experimentales y teóricos, de la literatura, usados en la modelización de flujos volcánicos. Posteriormente, se utilizarán estos parámetros en la modelización de flujos volcánicos usando códigos como VOLCFLOW.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

- Bibliografía

1. T. Chan and J. Shen: *Image processing and analysis*. SIAM, Philadelphia, 2005.
2. G. Biros and O. Ghattas: Parallel Newton-Lagrange-Krylov-Schur methods for PDE-constrained optimization, *SIAM J. Sci. Comput.*, Vol. 27, pp 687-713, 2005.
3. J.C. De los Reyes: Optimization of mixed variational inequalities arising in flow of viscoplastic materials. *Computational Optimization and Applications*, Vol. 52, 757--784, 2012.

Se recomienda que el proyecto, su metodología y diseño de la investigación, este sustentada en referencias bibliográficas actualizadas y que en el cronograma de ejecución del proyecto se considere el tiempo que toma la adquisición de equipos, reactivos y materiales de laboratorio.

Cronograma de trabajo anual:

Año 1

Actividad	MESES					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
Compra de cámaras visuales de alta resolución e implementos necesarios para su instalación	X	X				
Instalación de las cámaras		X	X			
Recopilación de imágenes			X	X	X	X
Desarrollos de técnicas de segmentación de imágenes				X	X	X
Desarrollo de algoritmos de optimización de parámetros					X	X

Año 2

Actividad	MESES					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
Recopilación de imágenes	X	X	X	X	X	X
Desarrollos y mejoramiento de técnicas de segmentación de imágenes	X					
Desarrollo y mejoramiento de algoritmos de optimización de parámetros	X	X				
Aplicación de las técnicas a las primeras imágenes adquiridas	X	X	X	X		
Verificación en campo de los resultados de segmentación de imágenes	X	X	X	X		
Comparación de parámetros obtenidos		X	X	X	X	
Aplicación en códigos de simulación de transporte y depositación			X	X	X	
Redacción de al menos un artículo científico				X	X	X
Presentación de resultados en congresos internacionales					X	X

- Justificación del equipo requerido

Las imágenes en el rango visual deben ser de alta resolución y deben formar secuencias de alta frecuencia que permitan hacer un seguimiento continuo del fenómeno. Su instalación en dos puntos distintos que apunten al mismo objetivo permitirá aplicar técnicas de gravimetría. Para esto se requiere cámaras de alta definición, alta frecuencia de muestreo y que sean capaces de estar a la intemperie durante largos periodos de tiempo.

La compra de un Blade HPC permitirá potenciar el servidor del que dispone el Laboratorio de Cálculo Científico del MODEMAT, para poder realizar los cálculos en paralelo involucrados en el proyecto, tanto en lo que respecta a simulación como a optimización.

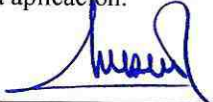
7 Fecha de inicio

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**

	2 Enero 2015
8	<p>Tiempo dedicación docentes, infraestructura, equipamientos y fondos adicionales.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Co-director: Silvana Hidalgo 300 horas - Co-director: Juan Carlos de los Reyes: 200 horas - Docentes participantes: - Benjamin Bernard: 70 horas - Daniel Andrade: 32 horas - Silvia Vallejo: 32 horas - Sergio González: 32 horas <p>El Departamento de Geofísica cuenta con:</p> <ul style="list-style-type: none"> - una cámara infraroja fija que será instalada en el Volcán Tungurahua. - 3 camaras en el rango visible instaladas en el Volcán Tungurahua. - Sistema de transmisión en tiempo real de imágenes al Observatorio del Volcán Tungurahua. <p>El Centro de Modelización Matemática cuenta con:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un sistema blade, con 300 cores, paralelizado para tareas de cálculo científico.
	-

9	Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto	
	Se recomienda que los costos de los equipos, reactivos y materiales de laboratorio, <u>estén sustentados con proformas actuales:</u>	
	<u>Año 1</u>	
	Lista de ítems (por favor especifique)	Cantidad solicitada (US \$)
	1. Contratación de pasantes	
	Subtotal	5000
	2. Equipos	
	Subtotal	34000
	3. Reactivos y materiales de laboratorio	
	Subtotal	
	4. Literatura especializada	
	Subtotal	
	5. Viajes técnicos y de muestreo	
	Subtotal	1000
	6. Presentación de ponencias en congresos internacionales	
	Subtotal	
	TOTAL AÑO 1	
	(Proyectos Semilla hasta US\$ 10.000,00 más IVA)	
	(Proyectos Inter y Multidisciplinarios US\$ 40.000,00 más IVA)	
	<u>Año 2</u>	
	Lista de ítems (por favor especifique)	Cantidad solicitada (US \$)
	7. Contratación de pasantes	
	Subtotal	10000
	8. Equipos	

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**

		Subtotal	16000
	9. Reactivos y materiales de laboratorio		
		Subtotal	
	10. Literatura especializada		
		Subtotal	3000
	11. Viajes técnicos y de muestreo		
		Subtotal	1000
	12. Presentación de ponencias en congresos internacionales		
		Subtotal	10000
	TOTAL AÑO 2		
	(Proyectos Inter y Multidisciplinarios US\$ 40.000,00 más IVA)		
	TOTAL		
10	<u><i>Silvana Hidalgo</i></u>		80000
	Nombre: <i>Silvana Hidalgo</i>		
	CC: <i>1709667008</i>		
DECLARACION DEL JEFE DE DEPARTAMENTO			
<p>Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento <i>de Geofísica</i>, en Sesión del <i>20 JUNIO 2014</i> mediante Resolución No. y las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del aplicante de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta aplicación.</p>			
			
	JEFE DEL DEPARTAMENTO		
	Nombre:		
	CC:		
		<i>20 Junio 2014</i>	
		(lugar y fecha)	