



**FOPREDEN**  
FORMATO DE FICHA TÉCNICA

**II. INFORMACIÓN GENERAL**

**a) Nombre del proyecto preventivo**

"Observaciones y correlación de variables geodésicas y geoquímicas para el volcán Popocatepetl"

**b) Fecha de la solicitud**

01 de abril de 2019

**c) Datos del solicitante**

Centro Nacional de Prevención de Desastres

**d) Datos del designado**

Ing. Enrique Guevara Ortiz, Director General  
Centro Nacional de Prevención de Desastres, Av. Antonio Delfín Madrigal #665 Col. Santo Domingo, Alcaldía Coyoacán, México 04300, Ciudad de México; Teléfonos: 54246101; correo-e: [direccionggeneral@cenapred.unam.mx](mailto:direccionggeneral@cenapred.unam.mx)

**e) Recursos solicitados**

- Fórmula de coparticipación

<b>Aportación FOPREDEN:</b>	<b>100 %</b>	<b>\$20,188,000.00</b>
** Veinte millones ciento ochenta y ocho mil pesos 00/100 M. N.		
<b>Coparticipación</b>	<b>%</b>	<b>\$</b>
**		
<b>Otros</b>	<b>%</b>	<b>\$</b>
**		
<b>Costo Integral del Proyecto:</b>	<b>100%</b>	<b>\$20,188,000.00</b>
** Veinte millones ciento ochenta y ocho mil pesos 00/100 M. N.		

- Recursos provenientes de otras instancias públicas o privadas: SI ( ) NO ( X )  
Nombre (s): \_\_\_\_\_

<b>Aportación financiera</b>	<b>%</b>	<b>\$</b>
*		

\* Cantidad con letra.



- Aportación en especie de otras instancias públicas o privadas: SI ( ) NO ( X )  
Nombre(s): \_\_\_\_\_

<b>Aportación en especie</b>		Instancia:
%	\$	Descripción:
*		

\* Cantidad con letra.

**f) Acción(es) Preventiva(s) del proyecto**

\* ver ANEXO I de las Reglas.

**I. Acciones orientadas a la identificación y evaluación de Peligros, Vulnerabilidades o Riesgos**

i). Proyectos Preventivos para la medición y el monitoreo de Fenómenos Naturales Perturbadores con resultados aplicables a Acciones Preventivas.

**II. Acciones orientadas a prevenir y reducir Riesgos, mitigar las pérdidas y daños que se puedan derivar del impacto de los Fenómenos Naturales Perturbadores, así como evitar los procesos de Construcción Social de los Riesgos**

b) Inversión:

- i. Desarrollo e implementación de instrumentos y tecnologías para la medición y observación de Fenómenos Naturales Perturbadores;
- ii. Integración de sistemas e infraestructura indispensable para mejorar el monitoreo y alertamiento de Fenómenos Naturales Perturbadores.

**III. Acciones para fortalecer las capacidades preventivas y de autoprotección de la población ante situaciones de Riesgo:**

NO APLICA

**g) Tipo de Proyecto según la (s) Acción (es) Preventiva (s)**

Estudios / Investigaciones ( ) Obras ( ) Inversión ( )  
Obras e Inversión ( ) Estudio e Inversión ( X ) Otro:

**h) Fenómeno Natural Perturbador a Prevenir:**

Fenómeno Geológico ( X ) Fenómeno Hidrometeorológico ( ) Otros Fenómenos ( )

Especificar: Vulcanismo Especificar: \_\_\_\_\_ Especificar: \_\_\_\_\_

**i) Institución (es) ejecutora (s) y responsable del Proyecto Preventivo, incluyendo experiencias previas**



**SEGURIDAD**

SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



**CNPC**

COORDINACIÓN NACIONAL  
DE PROTECCIÓN CIVIL

## **Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana**

### **Responsable:**

**Ing. Enrique Guevara Ortiz, Director General**

Centro Nacional de Prevención de Desastres, Av. Antonio Delfín Madrigal #665 Col. Santo Domingo, Alcaldía Coyoacán, México 04300, Ciudad de México; Teléfonos: 54246101; correo-e: [direcciongeneral@cenapred.unam.mx](mailto:direcciongeneral@cenapred.unam.mx)

El monitoreo del volcán Popocatepetl lo realiza el CENAPRED en conjunto con la UNAM, de manera permanente, habiendo trabajado en proyectos previos relacionados con el desarrollo de métodos de monitoreo e investigación de distintos fenómenos como el vulcanismo y sus efectos. Recientemente se ejecutó un proyecto de modernización de los sistemas de adquisición de datos sísmicos que consistió en la instalación de nueve nuevos sensores sísmicos de Banda Ancha adicionales, con muy alta resolución, colocados en pozos de hasta 5 metros de profundidad, la colocación de cuatro nuevas estaciones GNSS (Global Navigation Satellite System) para medir deformación, así como cuatro cámaras de alta definición. Lo anterior, contempla un nuevo sistema de comunicaciones digitales de gran ancho de banda capaz de transmitir las señales, los datos y el video hasta el Laboratorio de Monitoreo de Fenómenos Naturales (LMFN) del CENAPRED. También fueron desarrollados programas para calcular la magnitud de las explosiones generadas por la actividad del volcán, y adicionalmente un programa dedicado al análisis del nivel de ruido de cada estación para optimizar la identificación y el análisis de las señales sísmicas.

*\* Nombre, domicilio, teléfonos, correos electrónicos.*

### **j) Instituciones, dependencias y personal participante**

#### **Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED:**

- **Ing. José Gilberto Castelán Pescina**, Director de Instrumentación y Cómputo del CENAPRED
- **Mtro. Carlos Antonio Gutiérrez Martínez**, Director de Investigación
- **Ing. Paulino Alonso Rivera**, Subdirector de Instrumentación y Comunicaciones
- **Dr. Ramón Espinasa Pereña**, Subdirector de Riesgos Volcánico

*\*Enlistarlas en el espacio, adjuntando las cartas compromiso y/o convenios en donde se establezca el nivel y grado de participación o colaboración de las diversas entidades e instituciones que intervienen en el proyecto, así como la currícula que acredite lo anterior.*



### k) Resumen ejecutivo del Proyecto Preventivo

La información sobre la actividad sísmica, geoquímica, térmica y de deformación generada en los volcanes es una herramienta indispensable para conocer su estado y su evolución. Esta actividad casi siempre presenta cambios característicos en su estado normal anticipadamente a una erupción importante. Esto se debe a que el magma y los fluidos, en su ascenso a la superficie, provocan cambios en el estado de esfuerzos, que a su vez provocan sismicidad, emisiones de gas y ceniza, además de deformación en el edificio volcánico.

Es posible detectar este tipo de anomalías en la actividad, precursora de erupciones importantes, siempre y cuando se tenga una red instrumental lo suficientemente densa y sensible.

El CENAPRED opera una red de estaciones que ha permitido el monitoreo de diversos parámetros y señales (Figura 1).



Figura 1. Instrumentación actual del Volcán Popocatepetl

En proyectos pasados, el fortalecimiento ha estado centrado en la instrumentación sísmica y el monitoreo visual. Sin embargo, se requiere una pronta y detallada actualización para los demás métodos de monitoreo; por ello, el presente proyecto se centra principalmente en enfocar la modernización de los equipos para monitoreo Geoquímico, Térmico y Geodésico o de deformación. Adicionalmente, se propone la implementación de tecnología de



transmisión y recepción de mensajes de aviso y alerta a las localidades más próximas al volcán, a través de radios receptores tipo "NOAA" que ocupan códigos EAS-SAME, por sus siglas en inglés.

Se plantea complementar la red de geoquímica (medición térmica, entre otros) y geodésica que actualmente opera en el volcán Popocatepetl, densificando su número de estaciones y mejorando su capacidad de detección aunadas a un sistema de telecomunicación robusto que permita emitir avisos desde el CENAPRED hasta las poblaciones con mayor riesgo.

**Los productos finales serán:**

- Modernización de la infraestructura de monitoreo de gases volcánicos, incorporando cinco nuevas estaciones: Cruz Blanca, Las Golondrinas, Chipiquixtle, Juncos y Cuervos.
- Fortalecimiento de la Red de medición de deformación a través de dos nuevos equipos GNSS, así como una Estación Total Geodésica para mediciones móviles.
- Integración de una cámara térmica para mediciones estáticas o en sobrevuelos.
- Reforzamiento del sistema de telecomunicaciones del volcán Popocatepetl, incluye la continuidad del servicio de comunicaciones satelitales por dos años.
- Implementación de un Sistema de Avisos por medio de Radios Receptores VHF, utilizando códigos EAS-SAME, mismos que se instalarán en las cinco localidades más cercanas al volcán.
- Convenio de Colaboración con los estados de Puebla, Morelos y Estado de México para la dotación de Radios Receptores de Aviso sobre la actividad del volcán.

*\* Descripción breve del proyecto*

**I) Plazo de ejecución del Proyecto Preventivo**

24 meses

**III. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PREVENTIVO**

**a) Objetivos y metas**

**OBJETIVO GENERAL:**

Fortalecer la red de gases y deformación para mejorar el monitoreo de la actividad del volcán Popocatepetl, así como la implementación de un sistema de avisos hacia la Población y sus autoridades.

*\*Objetivo: Enunciado breve que precisa con claridad el resultado preventivo que se pretende alcanzar con el Proyecto y las acciones por realizar para conseguirlo.*

*\*Meta: Medida del logro de los objetivos, debe ser un enunciado que exprese en términos cuantitativos los alcances proyectados en las acciones a realizar en un tiempo determinado.*



**b) Descripción del Riesgo para el cual se prevé la Acción Preventiva y mapa georeferenciado en el que se identifique(n) la(s) zona(s) de Riesgo**

El Popocatepetl es un estratovolcán que a lo largo de su historia eruptiva ha tenido varias explosiones plinianas, lo que lo cataloga como uno de los volcanes más activos de México. Dado que en sus alrededores viven millones de habitantes, la combinación de su historia eruptiva y la población expuesta lo convierten sin duda en el mayor riesgo de origen volcánico del país. Este riesgo y su actual actividad eruptiva hacen necesaria la continuidad y precisión de su estudio, mejorando la red de monitoreo de sus diversos parámetros.

Un análisis de la morfología del volcán y su evolución geológica (Espinasa-Pereña et al., 2006), muestran que se trata de un volcán que ha estado activo por más de medio millón de años y que ha presentado varias etapas de crecimiento, que formaron al menos tres volcanes previos, los cuales fueron destruidos por erupciones extraordinariamente grandes: el volcán Nexpayantla hace >400,000 años, el Ventorrillo hace alrededor de 23,000 y El Fraile, hace 14,500 años. El cono moderno está construido sobre los restos de estos volcanes.

En diciembre de 1994, tras una pausa que duró varias décadas, la actividad creciente puso en alerta a los vulcanólogos del país, así como a las autoridades estatales y federales. La dispersión de cenizas de las erupciones ocurridas en los últimos 20 años, ha afectado no sólo a los estados aledaños de Puebla, Tlaxcala, Estado de México y Ciudad de México, sino también una región y espacio aéreo más amplio. En consecuencia, se incentivaron diversos estudios geológicos y geofísicos que derivaron en la instalación de una red de monitoreo permanente, así como, la elaboración de un mapa de peligros volcánicos (Macías et al., 1995). Los estudios geológicos han mostrado la frecuencia de los diversos fenómenos volcánicos destructivos como flujos piroclásticos, caída de ceniza, lahares y derrumbes. Estos flujos de material volcánico descienden a altas temperaturas y a velocidades extremadamente altas (100 – 400 km/h) y flujos de lodo y rocas que se mueven siguiendo los cauces existentes, a velocidades menores de 100 km/h), y pueden llegar a varios kilómetros. La distribución de los depósitos de caída, como arena volcánica y pómez, está controlada por los vientos dominantes y han cubierto áreas muy extensas y alejadas del volcán.

De las actividades importantes recientes que ha tenido el Popocatepetl está la de 1947, que inició el nuevo periodo de actividad. En 1991 se observó un incremento en su actividad y a partir de 1993 una intensa actividad de fumarolas culminó con la erupción del 21 de diciembre de 1994. Entre 1994 y 2000 el Popocatepetl tuvo una actividad de fumarolas y explosiones. La erupción violenta más reciente del volcán se registró el 19 diciembre de 2000. El 25 de diciembre de 2005 se produjo una nueva explosión que provocó una columna de humo y cenizas de 3 kilómetros de altura y la expulsión de fragmentos de lava. Posteriormente, en la mañana del 3 de junio de 2011, el Popocatepetl volvió a emitir grandes fumarolas sin causar daños. El 20 de noviembre de 2011 hubo una gran explosión, escuchándose en las poblaciones cercanas a las laderas. El volcán registró la mañana del 16 de enero de 2012 una fumarola de vapor de agua y ceniza.



El 30 de abril de 2013, se registró un aumento de la actividad del volcán con expulsiones de roca incandescente, desde el cráter, sobre la ladera noreste. Los días 17 y 18 de junio el volcán registró varios eventos explosivos de mayor magnitud, con varias fumarolas y expulsiones de rocas incandescentes. El volcán entró en actividad nuevamente el 7 de julio de 2013, expulsando flujos piroclásticos e incandescencia, y cenizas. La última actividad fue registrada del 4-5 de noviembre 2014. Cabe mencionar que conjuntamente con la UNAM se actualizaron los mapas de peligros asociados a la actividad volcánica del Popocatepetl, tal como el mapa de Balísticos (Figura 2).

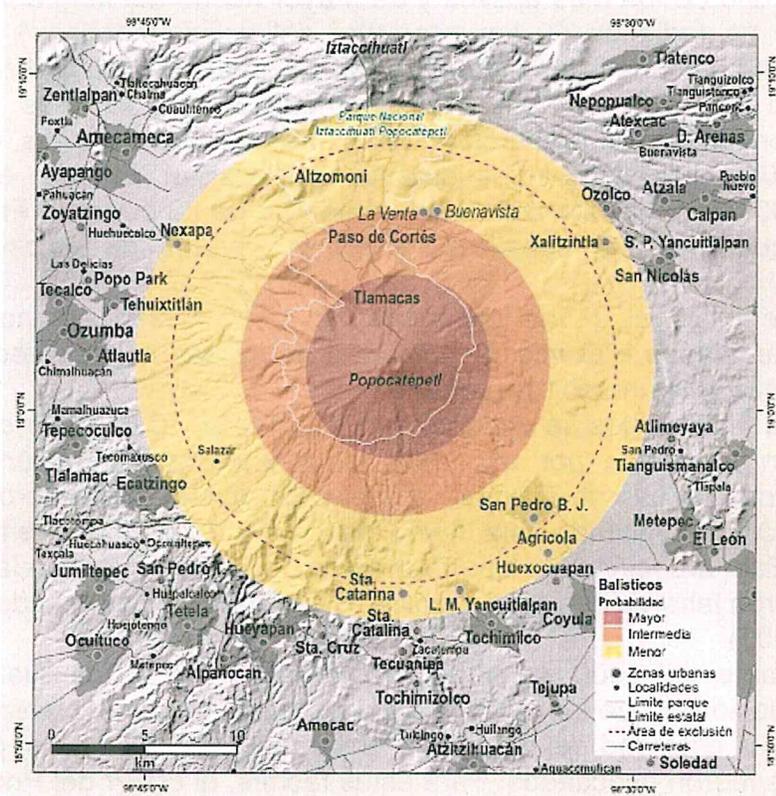


Figura 2. Mapa por caída de Balísticos del volcán Popocatepetl

Espinasa-Pereña, R., Martín-del Pozzo, A.L., 2006, Morphostratigraphic evolution of Popocatepetl volcano, México, en: Siebe, C., Macías, J.L., Aguirre-Díaz, G. (eds.), Neogene-Quaternary continental margin volcanism: a perspective from México: Boulder, Colorado, Geological Society of America, Special Paper, 402.

Macías-Vázquez, J.L., Carrasco-Núñez, G., Delgado-Granados, H., Martindel Pozzo, A.L., Siebe-Grabach, C., Hoblitt, R.P., Sheridan M.F., Tilling, R.I., Bonifaz, R., Cabrera, A.L., Alvarez, R., 1995, Mapa de peligros del volcán Popocatepetl, escala 1:250,000: México, D. F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica, 1 mapa



\* Con base en el análisis del peligro y la vulnerabilidad, describir el riesgo, mencionando su vinculación con el Atlas de Riesgos e incorporar el mapa georeferenciado en el que se identifiquen la zona o zonas de riesgo.

### **c) Descripción del Fenómeno Natural Perturbador para el cual se prevé la Acción Preventiva**

El volcán Popocatepetl es uno de los más activos y de mayor riesgo del país e incluso del planeta, debido a que en un radio de 40 km alrededor del volcán habitan 1 millón de personas (Macías et al, 2005). Los múltiples estudios geológicos que se han realizado sobre el volcán, indican que ha estado activo por más de medio millón de años y que ha presentado varias etapas en las que se formaron al menos tres volcanes previos, los cuales fueron destruidos por erupciones extraordinariamente grandes: el primero el Volcán. Nexpayantla hace >400,000 años, el Ventorrillo hace alrededor de 23,000 y El Fraile, hace 14,500 años. El cono moderno está construido sobre los restos de estos volcanes (Espinasa-Pereña, 2012).

Su actividad más reciente inició el 21 de diciembre de 1994, desde entonces se ha caracterizado por presentar etapas efusivas y explosivas asociadas con el crecimiento y destrucción de domos de lava en el interior del cráter.

Dentro de los eventos más importantes se encuentra el ocurrido el 30 de junio de 1997 al presentarse una explosión precedida por una serie de sismos volcanotectónicos<sup>2</sup>. La erupción formó una columna eruptiva de 8 km de altura y los vientos dispersaron la nube hacia la Ciudad de México, provocando una lluvia de ceniza y el cierre temporal del aeropuerto internacional. Esta erupción tuvo una intensidad de 2 a 3 en la escala de IEV<sup>3</sup>. Un día después, se originaron lahares que recorrieron a 12 km hasta el poblado de Santiago Xalitzintla (Macías et al, 2005).

Posteriormente, en noviembre del 2000 se emplazaron cuatro domos, los cuales fueron destruidos por sendas explosiones que lanzaron proyectiles hasta 5 km del cráter, del 12 al 16 de diciembre del 2000, la actividad del volcán se incrementó notablemente, por lo que cerca de 40 000 habitantes fueron evacuados. Para estas fechas, el cráter del Popocatepetl se había llenado casi completamente, por lo que la erupción ocurrida el 18 de diciembre, fue observada por los medios y el público en general. La explosión vulcaniana lanzó proyectiles a más de 5 km, produciendo incendios en el bosque (Macías et al, 2005).

Finalmente, el 21 de enero de 2001, se produjo un flujo piroclástico rico en escoria<sup>5</sup>, que erosionó el glaciar y viajó 5-6 km desde la cima hasta llegar al bosque. A partir de estos flujos se originaron lahares que viajaron alrededor de 15 km hacia el poblado de Xalitzintla (Capra et al., 2004).

Desde 1996 el volcán ha mostrado un mismo patrón de crecimiento y destrucción de domos, con algunos episodios de mayor intensidad, como los ocurridos en abril de 2012 y mayo-julio de 2013, en cuyos casos el semáforo de alerta volcánica se elevó de amarillo Fase II a amarillo Fase III.

La actividad eruptiva durante los últimos tres meses, ha mostrado un comportamiento diferente con respecto a episodios anteriores, ya que a partir de la destrucción del domo



número 82, con las explosiones ocurridas entre el 23 y 26 de febrero, este tipo de eventos han persistido hasta días antes de la elaboración de este reporte. Este comportamiento es poco habitual en el volcán, ya que las explosiones recientes no han sido precedidas por la formación de algún domo de lava, y además se han originado en el sistema de conductos del volcán, con un incremento del material magmático fragmentado, provocando el incendio de pastizales.

Por esta razón, a partir del pasado 28 de marzo, el Comité Científico Asesor del Popocatepetl (CCA-Popocatepetl) recomendó cambiar la fase del Semáforo de Alerta Volcánica de Amarillo fase II a Amarillo fase III.

A lo largo de la historia, el Popocatepetl ha registrado múltiples manifestaciones de actividad, que en la mayoría de los casos ha presentado precursores como aumento de la sismicidad, mayor concentración de gases disueltos en manantiales asociados al volcán, aumento de temperatura en el área del cráter, entre otros parámetros, por ello es vital contar con un monitoreo integral y fortalecido, conformado por diversas técnicas de monitoreo que permitan la vigilancia del comportamiento del volcán y que aporten mayor información para obtener un diagnóstico certero sobre el estado interno del volcán.

#### Glosario

- Domo: Lava con forma de cúpula que crece en el fondo del cráter o en la cumbre de un volcán.
- Sismo ocurrido en un ambiente volcánico
- Índice de Explosividad Volcánica
- Lahar: flujo de fragmentos de rocas, cenizas y barro que contienen suficiente agua para fluir pendiente abajo de las faldas de un volcán.
- Escoria: fragmento de lava porosa y de forma irregular que fue arrojado en estado líquido.

#### Bibliografía

- Espinasa-Pereña, R. Historia de la actividad del volcán Popocatepetl, 17 años de erupciones. Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2012.
- Espinasa-Pereña, R., Martín-del Pozzo, A.L., 2006, Morphostratigraphic evolution of Popocatepetl volcano, México, en: Siebe, C., Macías, J.L., Aguirre-Díaz, G. (eds.), Neogene-Quaternary continental margin volcanism: a perspective from México: Boulder, Colorado, Geological Society of America, Special Paper, 402.
- Macías-Vázquez, J.L. Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana Volumen Conmemorativo del Centenario Temas Selectos de la Geología Mexicana Tomo LVII, núm. 3, 2005, p. 379-424
- Macías-Vázquez, J.L., Carrasco-Núñez, G., Delgado-Granados, H., Martindel Pozzo, A.L., Siebe-Grabach, C., Hoblitt, R.P., Sheridan M.F., Tilling, R.I., Bonifaz, R., Cabrera, A.L., Alvarez, R., 1995, Mapa de peligros del volcán Popocatepetl, escala 1:250,000: México, D. F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica, 1 mapa



\* Deberá incluir la descripción técnica del fenómeno (antecedentes, intensidad, análisis probabilístico, periodos de retorno, impacto anterior, indicando específicamente su vinculación con el Atlas de Riesgos y su prioridad asignada)

**d) Descripción de la Vulnerabilidad de la población e infraestructura expuesta**

El Popocatepetl es el volcán de mayor riesgo en nuestro país, debido al alto número de habitantes y bienes expuestos cercanos al volcán. De acuerdo información obtenida del Atlas Nacional de Riesgos, en un radio de 100 km alrededor del volcán, habitan más de 25 millones de personas, además, se localizan siete millones de viviendas, cinco aeropuertos, 39 mil escuelas y más de 4000 establecimientos de salud (Figura 1).



Figura 3 Radio de 100 km alrededor del volcán. Fuente: Atlas Nacional de Riesgos

Uno de los peligros de mayor alcance es la caída de ceniza. De acuerdo a la información del Atlas Nacional de Riesgos las trazas observadas de ceniza superan el radio de 100 km alrededor del volcán, por lo que las afectaciones al número de habitantes rebasarían los 25 millones de personas (Figura 2).

Es importante mencionar que la caída de cenizas puede afectar la salud de la población, generándose males respiratorios, además de los efectos negativos a la aeronavegación y a la infraestructura aeronáutica.



Figura 4 Radio de 100 km alrededor del volcán, en color rosa se muestran las trazas observadas de caída de ceniza. Fuente, Atlas Nacional de Riesgos

Un sistema de monitoreo eficiente puede, al anticipar la posibilidad de erupciones de gran magnitud, ayudar a prevenir y mitigar los efectos de la caída de ceniza, entre otros.

*\*Deberá describir la susceptibilidad o propensión de la población, bienes y entorno a sufrir daños o pérdidas ante la presencia del Fenómeno Natural Perturbador para el cual se pretende llevar a cabo la acción preventiva, determinadas sus condiciones físicas, sociales, económicas y ambientales.*

**e) En su caso, evidencias de la utilización previa eficaz de metodologías, estrategias o acciones relacionadas con el Proyecto Preventivo propuesto**

En sus diferentes etapas de actividad, el volcán se deforma y muestra distintos niveles de actividad sísmica. Por lo tanto, es importante medir estos cambios de deformación y sismicidad. Uno de los más eficientes métodos de monitoreo de deformación consiste en la medición de la posición con sistemas no inerciales. Se plantea que el monitoreo de la deformación que actualmente lleva a cabo el CENAPRED sea complementada con mediciones en tiempo real de estaciones GPS. La modernización de la actual red, operada por el CENAPRED, así como la instalación y reubicación de nuevas estaciones permitirá aumentar la capacidad de detección de una gama importante de señales sísmicas. La distribución de estaciones que se ha contemplado permitirá redundancia en caso de una crisis volcánica en la que las estaciones sísmicas más cercanas al cráter sean dañadas parcial o totalmente.

Los instrumentos de banda ancha permiten registrar la gran variedad de sismos sobre los volcanes, tanto de baja frecuencia (como los ULP: Ultra Long Period), los VLP (Very Long Period), los LP (Long Period), los VT (Volcano-tectónico), los híbridos y los tremores (armónicos o no armónicos). Además, los sismos volcánicos se registran generalmente muy cercanos a las estaciones sismológicas, y se graban las ondas de campo cercano que son de baja frecuencia.



A veces la actividad sísmica, por su intensidad, puede exceder los niveles permisibles de registro de los sismómetros. Este problema es conocido como saturación de los sismómetros. Para el caso de sismos grandes se contempla incluir algunos acelerógrafos

*\* En caso de que la acción preventiva propuesta ya haya sido aplicada con éxito en otros proyectos.*

**f) Descripción sobre la coherencia y nivel de observancia del Atlas en los planes de desarrollo, programas sectoriales, de ordenamiento territorial y desarrollo urbano.**

Los productos generados por este proyecto van a contribuir directamente en la identificación de zonas asociadas a peligros volcánicos, como son las emisiones importantes de gases volcánicos, deformaciones sustanciales del suelo o las planicies circundantes del volcán. Aunado al uso de los mapas vigentes de peligro como son los mapas por balísticos, flujos de lava, ceniza, lahares y derrames, los datos generados por los sistemas de monitoreo son procesados para transformarlos en información útil en la toma de decisiones como la observancia del efecto del uso de suelo en zonas de gran exposición a dióxido de azufre y otros gases que pueden alterar los campos de cultivo. Otro caso reconocido internacionalmente se da en las deformaciones causadas al suelo por la intrusión de magma y gases a niveles superficiales. Este fenómeno de deformación puede llegar a afectar directamente a vías de comunicación, viviendas, tendido de líneas eléctricas, de distribución de agua o de combustible.

La coherencia en la observancia de todos los fenómenos asociados a la actividad del volcán se consigue a través del conocimiento y el monitoreo de sus variables significativas, por ello este proyecto contribuye con información útil y en su caso georreferenciada para su observancia en el desarrollo social, de infraestructura, de programas de salud, en concreto de comunidades resilientes.

**g) Otros Fenómenos y sus características que han impactado la región**

Los eventos volcánicos del Popocatepetl han sido diversos en sus manifestaciones: flujo de lahares, caída de cenizas, flujos piroclásticos, entre otros. Precisamente, para poder pronosticar el estado en que se encuentra el volcán, en un momento dado, se requiere de la mayor cantidad de datos posible y si es en tiempo real, mejor. Otros fenómenos que pueden monitorearse son las condiciones meteorológicas e incendios forestales de la zona coadyuvando con autoridades de Protección Civil a reducir daños.

*\* Breve descripción de otro(s) fenómeno(s) distinto(s) al que sea planteado prevenir en la acción preventiva propuesta*

**h) Descripción de la(s) acción(es) que se llevarán a cabo en el Proyecto Preventivo**

El proyecto se centra en el fortalecimiento de la red de medición de gases y geodésica a través de la modernización de los equipos actualmente instalados y de la instalación de nuevas estaciones sísmicas con capacidad de transmisión redundante (cuando las



condiciones lo permitan) de sus datos en tiempo real.

Se plantea modernizar el sistema de observación visual incluyendo un equipo de medición térmica (cámara infrarroja), así como mejoras en la topología de interconexión de equipos sobre la Red de comunicaciones. Finalmente, se considera la implementación de un Sistema de Avisos para localidades cercanas al volcán con el uso de radios receptores de mensajes de alerta o aviso.

### **1.- Elaboración de Diagnóstico**

La incertidumbre en la determinación de las emisiones, de contenido de gas, de las deformaciones o anomalías térmicas depende fuertemente de la distribución de estaciones en la red de registro. En el caso del Volcán Popocatepetl el número de estaciones disponibles y su ubicación no son los únicos parámetros que se deben considerar. La posibilidad de acceso, la seguridad de las estaciones, la posibilidad de transmisión de datos en tiempo real, la energía eléctrica disponible son parámetros adicionales que se deberían considerar en el diseño de la red. Este proyecto considera una distribución inicial de estaciones con base en la experiencia de monitoreo del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) que durante más de 20 años ha operado redes sismológicas en este volcán.

Con metodologías en las que es posible incorporar muchos de los parámetros mencionados, se determinará la distribución óptima de estaciones adicionales que permitan el monitoreo adecuado de los fenómenos asociados a la actividad del volcán.

El diagnóstico consistirá en investigar cuáles son los lugares más apropiados, tomando en cuenta sus distintas manifestaciones registradas en años pasados y la calidad de los sitios en donde se instalarán los equipos. Esto incluye: posibilidad de transmisión de radio, respuesta del ruido sísmico de los lugares potenciales, disponibilidad y características de los equipos, así como, acceso y seguridad a los lugares.

### **2.- Reforzamiento al monitoreo geoquímico**

Estación Cruz Blanca (CBC, 19°3'23.22"N, 98°38'14.44"W)

El equipo se encuentra operando de forma normal, transmitiendo datos al Instituto de Geofísica (19°19'36.59"N, 99°10'35.25"W) a través del radio modem modelo FGR-115 Freewave. El equipo cuenta con una computadora Beck, con un espectrómetro SD2000, un telescopio cónico completo, batería, control de carga, panel solar, temporizador theben y GPS. Actualmente el mantenimiento que requiere se enfoca en la caseta donde se encuentra instalada la estación, se necesita enderezar la malla ciclónica de uno de sus lados y arreglar el techo interior de la caseta porque el plafón se ha caído en ciertas zonas, así mismo, habrá que evaluar la sustitución del pararrayos por uno nuevo también del



cambio de candado por uno para exteriores, que facilite el ingreso.

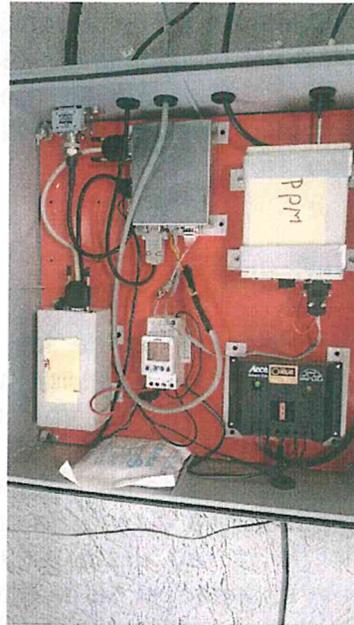
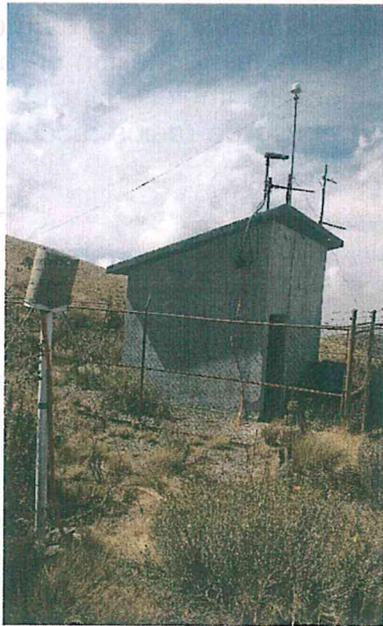


Figura 5. Se muestra la estación y el equipo dentro de la caseta.

Estación Chipiquixtle (PPX, 19°0'34.56"N, 98°39'21.62"W)

El equipo se encuentra operando de forma normal hasta la última visita del año pasado, no transmite datos al instituto, en algún momento lo realizó, se comunica con un radio modem modelo FGR2-CE-U freewave. El equipo consta de una computadora Moxa-Axis, con un espectrómetro SD2000, un telescopio cónico completo, batería, control de carga, panel solar, un temporizador theben y GPS. Actualmente. El equipo se encuentra dentro de un gabinete metálico para exteriores con separación media, colocado en una torre arriestrada de 2.5 metros de altitud con su respectivo pararrayos en la parte alta de la torre. Actualmente lo que se requiere es que el equipo transmita datos al instituto. Requiere hacerse mantenimiento en ella, la revisión visual de las partes que la componen, revisar que el telescopio, el panel solar, el gps y el pararrayos se encuentren colocados en su sitio, en buenas condiciones y operando. También checar conexiones eléctricas y el estado de la batería (medir voltajes).



Figura 6. Se muestra la estación PPX instalada en sitio y la vista del interior del gabinete con el equipo DOAS.

Estación Juncos (Ju, 19°2'0.72"N, 98°38'35.94"W)

El equipo se encuentra operando de forma normal hasta su colocación el año pasado, no transmite datos al instituto, en algún momento lo realizó, se comunica con un radio modem modelo FGR-115 freewave. El equipo consta de una computadora Moxa-Axis, con un espectrómetro SD2000, un telescopio cónico completo, batería, control de carga, panel solar, un temporizador theben y GPS. Actualmente. El equipo se encuentra dentro de un gabinete metálico para exteriores con separación media, colocado en una torre arriostrada de 2 metros y medio de altitud con su respectivo pararrayos en la parte alta de la torre. Actualmente, se requiere mejorar el sistema de comunicación de datos al instituto, como ya lo mencioné no lo hace, lo realizó por un tiempo, pero, habrá que subir a checar conexiones eléctricas y el estado de la batería (medir voltajes). A revisión visual de las partes que la componen, revisar que el telescopio, el panel solar, el GPS y el pararrayos se encuentren colocados en su sitio, ver si están en buenas condiciones y operando. Revisar la computadora también, tal vez bajarla para revisarla como la del sitio Golondrinas.



Figura 7. Se muestra en las imágenes la estación levantada en Juncos, así como el equipo DOAS dentro del gabinete.

#### Estación Golondrinas (Go, 19°2'10.89"N, 98°35'54.37"W)

El equipo no se encuentra operando en sitio. En Noviembre del año pasado se bajó la computadora, el radio modem, el espectrómetro y el control de carga, esto debido a, que se encontró apagado y no se pudo reestablecer en ese momento. Estuvo operando alrededor de un año, existen archivos registrados en la computadora, pero, no se pueden leer, es decir, no registro adecuadamente. El equipo constará de una computadora Moxa-Axis, con un espectrómetro SD2000, un telescopio cónico completo, batería, control de carga, panel solar, un temporizador theben, radio modem modelo FGR-115 freewave y GPS. El equipo normalmente se encuentra dentro de un gabinete metálico para exteriores con separación media, colocado en una torre arriostada de 2 metros y medio de altitud con su respectivo pararrayos en la parte alta de la torre. Actualmente lo que se requiere es que el equipo registre y transmita datos al instituto, habrá que subir a checar conexiones eléctricas y el estado de la batería (medir voltajes). A revisión visual de las partes que la componen, revisar que el telescopio, el panel solar, el gps y el pararrayos se encuentren colocados en su sitio, ver si están en buenas condiciones y operando. Se requiere la transmisión de los datos al Instituto de Geofísica por lo tanto se colocaron dos radios repetidores, uno colocado en la Secundaria del poblado de San Baltazar Atlimeyaya (18°59'19.23"N, 98°28'35.31"W), colocando un radio modem freewave modelo FGR-115 y otro freewave modelo FGR2-CE-U en el cerro Tlamacas, 19° 4'0.61"N, 98°37'42.65"W. Este enlace no se probó en Noviembre, debido al estado del equipo antes explicado.

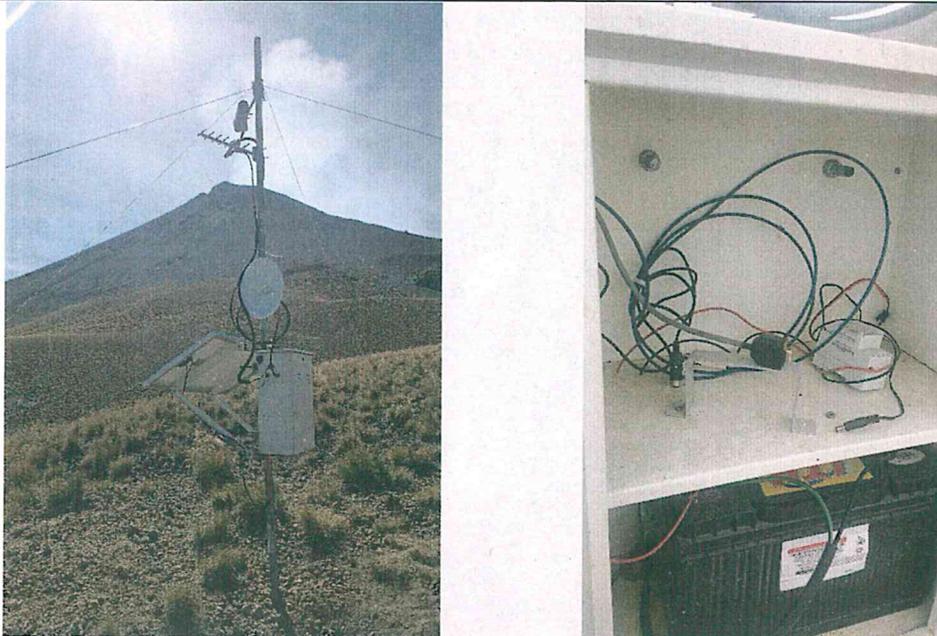


Figura 8. En las imágenes se muestra la estación Golondrinas y el interior del gabinete una vez retirado el equipo.

Estación Cuervos (Cu, 19°0'3.08"N, 98°37'14.85"W)

Esta estación está próxima a levantarse e instalarse. Ya se exploró el terreno y tenemos material en el sitio para comenzar los trabajos, faltan algunos materiales y el equipo completo por subir.



Figura 9. Muestra el material que se encuentra en un sitio cercano donde se ubicará la estación de Cuervos.

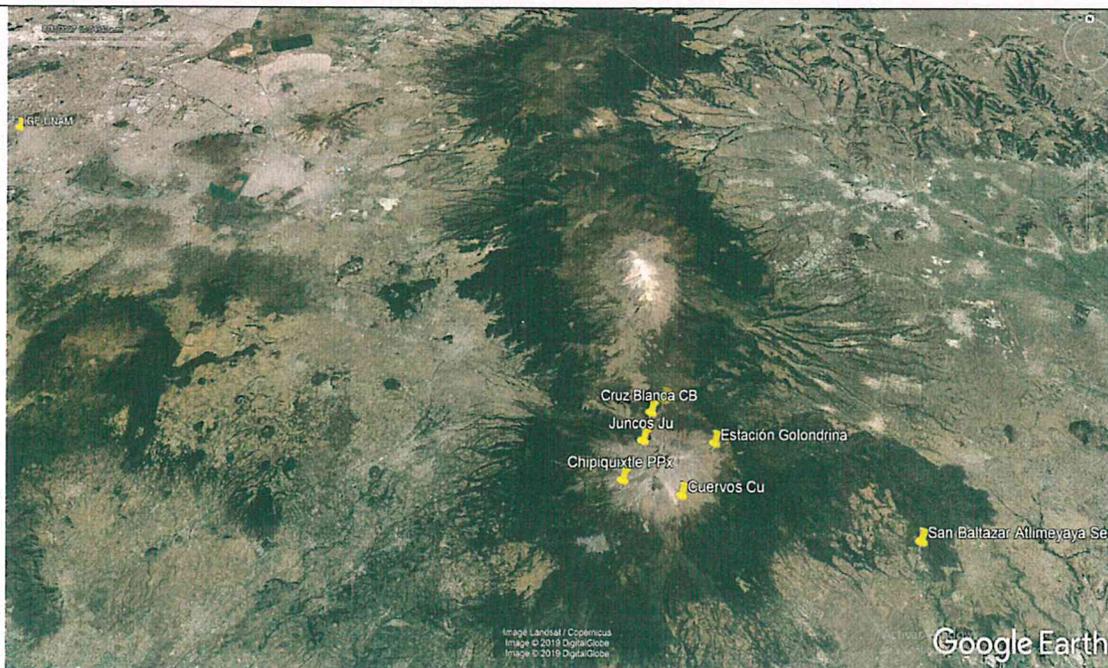


Figura 10. Red completa de comunicación para la red DOAS.

La conclusión general es considerar un sistema completo de comunicaciones que contemple la integración de este sistema a la Red de comunicaciones de las demás estaciones del CENAPRED. Para ello se requiere contemplar la adquisición de radios, antenas, protectores contra descargas y garantizar que todos los elementos del sistema (sensores, adquirente, comunicaciones, controladores y programas de procesamiento estén operantes)

### 3. Reforzamiento al monitoreo geodésico

En esta propuesta se propone colocar 2 (dos) estaciones de GPS, en los sitios donde se ubican dos de las nuevas estaciones, se proponen las estaciones Santiago Xalitzintla y San Juan Tehuixtitlan que actualmente opera el CENAPRED.

La estación (PPT) será renovada a partir del aprovechamiento de los equipos que actualmente se encuentran instalados en las demás estaciones. Dada la logística de esta fase del proyecto, en estas estaciones se contratarán los trabajos necesarios para el mejoramiento de seguridad, capacidad de transmisión, capacidad de almacenaje y de respaldo eléctrico. En esta ficha técnica estas estaciones serán nombradas como estaciones de segundo orden, ya que los datos serán transmitidos por sistemas de radio a las estaciones de primer orden



### Instrumentación actual del Volcán Popocatepetl

#### Mapa de estaciones para deformación (GNSS y GPS)

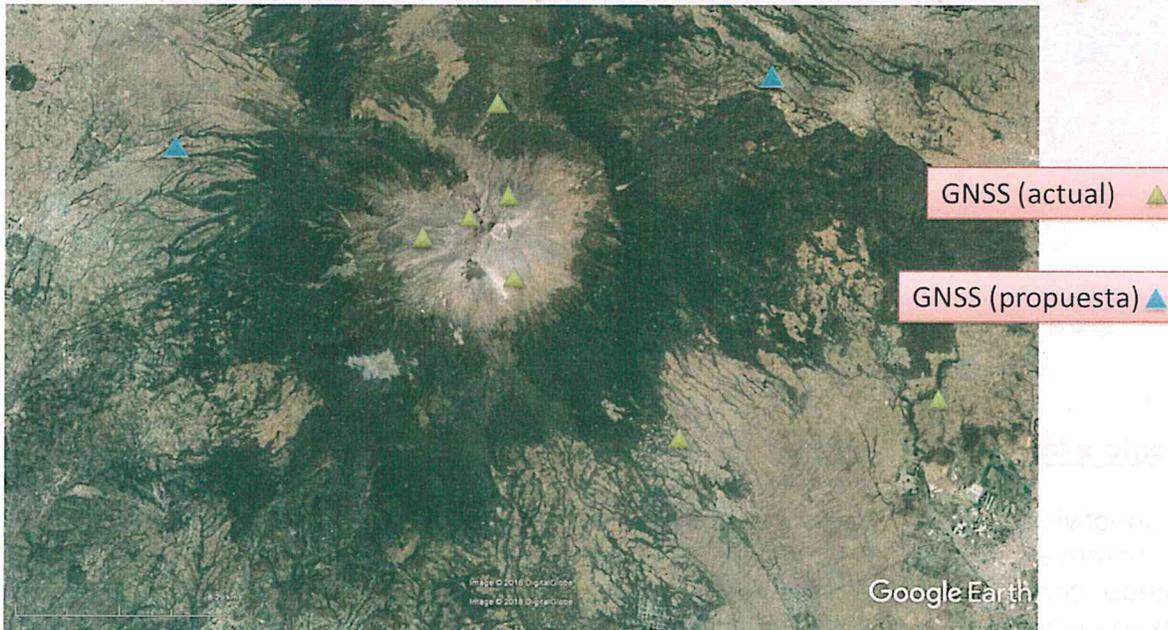


Figura 11. Red de monitoreo Geodésico actual y propuesta de dos sitios nuevos

#### 4. Reforzamiento del monitoreo visual

##### **Adquisición y monitoreo de anomalías térmicas ocupando una cámara térmica.**

Este tipo de monitoreo va a contribuir en la identificación de los cambios en la dinámica física de la actividad del volcán, es decir de tener predominancia a los efectos sísmicos, gravimétricos o de deformación a un estado predominante de variaciones térmicas que puedan ser observadas sobre el edificio volcánico o por las emisiones de gases y ceniza.

Se propone contar con un instrumento óptico con capacidad de detección de variación térmica a largas distancias (12 Km del volcán) y transmisión de imágenes al Puesto Central de Registro. Este equipo deberá cumplir con estándares de operación en ambientes extremos.



Figura 12. Ejemplos de Imágenes térmicas. \*BCB [www.bcbmex.com](http://www.bcbmex.com)

## 5. Reforzamiento a las comunicaciones

Para brindar conectividad a las estaciones de monitoreo de gases y de deformación es considerado el incremento de enlaces de comunicación, entre ellos se propone una nueva topología tomando como referencia los sitios de ubicación de las cinco estaciones de monitoreo de gases y las dos nuevas de deformación.

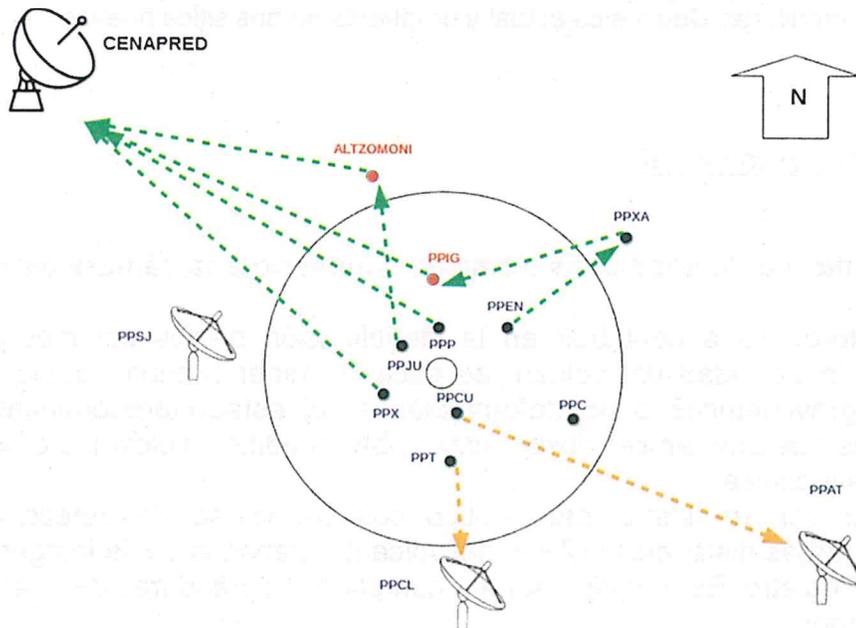


Figura 13. Comunicaciones de las estaciones vía radio y satélite. Las estaciones unidas con



flechas indican transmisión de radio d. Flechas verdes indican transmisión directa a CENAPRED y flechas amarillas a una estación que transmite por satélite. Las tres antenas indican las estaciones que transmiten por enlace satelital.

## 6. Sistema de Aviso por actividad del volcán

Dada la necesidad de hacer llegar los mensajes de aviso o alerta a la población en riesgo por actividad volcánica, se propone implementar un sistema de aviso con base en el envío o transmisión de códigos estandarizados como el "EAS-SAME" que es un código de mensajes enviados por medios de radiofrecuencia asignados para ello. Asimismo, la recepción de estos códigos se da a través de receptores configurados para decodificar estos mensajes e interactuar emitiendo señales sonidos, audios pregrabados, avisos por voz por apertura de canal o mensajes de texto. Actualmente en México el Centro de Instrumentación y Registro Sísmico ha utilizado esta tecnología para el envío de la señal de alerta sísmica y ha sido constatado que es eficiente y segura. Por lo anterior y una vez que se cuenta con los transmisores en los estados de Puebla, Morelos y Ciudad de México se puede hacer uso del medio para generar en una primer etapa el alcance de los mensajes previamente desarrollados por CENAPRED ante una actividad que ponga en riesgo a las localidades cercanas al volcán.

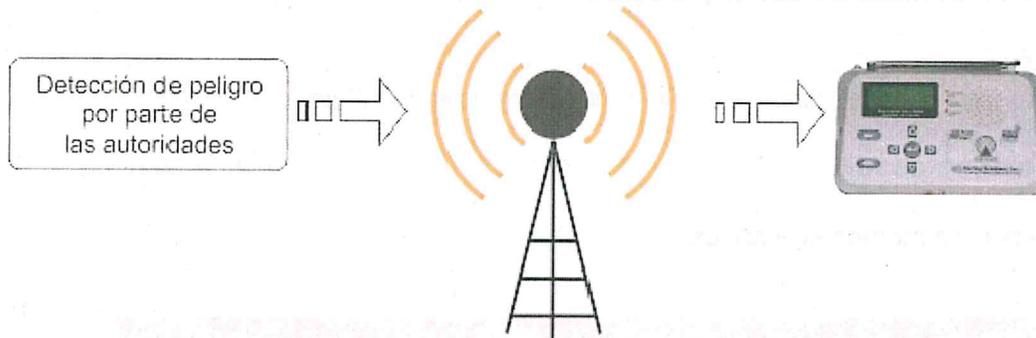


Figura 14. Sistema de Aviso por actividad volcánica

## 7.- Seguimiento al proyecto

Se contratará personal técnico para llevar a cabo las labores de instalación de estaciones sísmicas y geodésicas, dar su mantenimiento preventivo y correctivo correspondiente durante 2 años, implementar software para las aplicaciones sísmicas y de soluciones de



observables GPS, así como para llevar a cabo labores administrativas.

Coordinación de acciones con la Dirección General de Protección Civil para la implementación del sistema de avisos en las localidades previamente designadas para instalar los radios receptores.

**8.- Gastos de operación**

Se contempla todo el material necesario para llevar a cabo las actividades detalladas con anterioridad.

**i) Medida en que la(s) acción(es) repercutirá(n) en la reducción del Riesgo**

La toma de decisiones respecto a las acciones específicas de Protección Civil, están basadas en los elementos técnico-científicos que se tienen. En el caso de las erupciones volcánicas, además de otras variables de origen geoquímico el monitoreo continuo de la actividad sísmica y de deformación permite conocer el estado de la actividad del volcán. Este monitoreo debe ser completo, continuo y en tiempo real. Las redes y herramientas adicionales que se consideran en este proyecto contribuirán a la mejor toma de decisiones en materia de Protección Civil y por lo tanto en la mitigación del riesgo.

**j) Programa de Actividades Plazos y Costos**

Se anexa formato.

\* Según el formato que para ese fin se dispone en la página <http://www.proteccioncivil.gob.mx>.

**k) Presupuesto desglosado**

Tabla III.1. Resumen de montos solicitados.

Concepto	Cantidad	Costo Total
<b>Reforzamiento al monitoreo geoquímico</b>	1	\$3,500,000.00
Transmisión de cinco estaciones de monitoreo de gases volcánicos y adquisición de equipo de especializado (FTIR)		
<b>Reforzamiento al monitoreo geodésico</b>	1	\$1,300,000.00
Instalación de dos estaciones GNSS		



para deformación y adquisición de una estación para mediciones móviles		
<b>Reforzamiento monitoreo visual</b>	1	\$2,200,000.00
Operación de una cámara térmica para seguimiento a anomalías y emisiones volcánicas		
<b>Reforzamiento a las comunicaciones</b>	1	\$1,200,000.00
Nuevos enlaces directos de comunicaciones y continuidad del servicio de comunicaciones satelitales		
<b>Sistema de Aviso por actividad del volcán</b>	1	\$11,400,000.00
Implementación de un sistema de avisos por actividad volcánica en localidades del volcán Popocatepetl y Actualización de Adquisidores y digitalizadores		
<b>Gastos de Operación y supervisión</b>	1	\$ 588,000.00
Gastos de operación del proyecto para cubrir las necesidades del personal a cargo de la supervisión de los trabajos de campo.		
<b>Total</b>		<b>\$20,188,000.00</b>

**I) Cotización de las actividades o adquisiciones a realizar en el Proyecto Preventivo**

En anexo.

**m) Monto, descripción y justificación de los Gastos de Operación y Supervisión**

## ● Montos

<b>Gastos de Operación</b>	\$588,000.00		<b>3%</b>
<b>Gastos de Supervisión</b>	\$ NA		<b>%</b>
<b>Total</b>	\$588,000.00		<b>3%**</b>

\* Cantidad con letra.

\*\* No debe rebasar el 3% sobre la coparticipación del FOPREDEN.

## ● Descripción

Gastos de Operación (descripción)		
Concepto	Descripción	Costo



375 Viáticos en el país	Para efectos de transportar, instalar y operar lo instrumentos que serán colocados en el volcán Popocatepetl se requieren gastos para el personal que realizará los trabajos de campo.	\$250,000.00
-------------------------	--	--------------

Gastos de Operación (descripción)		
Concepto	Descripción	Costo
357 Instalación, reparación, y mantenimiento de maquinaria, otros equipos y herramienta	Adquisición de materiales e insumos diversos para la adecuación de sitios de instalación y preparación de los equipos a operar como son herramientas menores	\$200,000.00

Gastos de Operación (descripción)		
Concepto	Descripción	Costo
261 Combustibles, lubricantes y aditivos	Se requiere Combustible para solventar el transporte de personal, equipo y vehículos tipo cuatrimoto a zonas de caminos agrestes, con pendientes elevadas y poco transitables.	\$75,000.00

Gastos de Operación (descripción)		
Concepto	Descripción	Costo
214 Materiales, útiles y equipos menores de tecnologías de la información y comunicaciones	Adquisición de insumos menores para la recepción de datos de los sistemas de tecnologías de la información y comunicaciones	\$43,000.00

Gastos de Operación (descripción)		
Concepto	Descripción	Costo
379 Otros servicios de traslado y hospedaje (solo en caso de casetas de peaje con motivo de una comisión para supervisión de obra)	Se requiere realizar visitas programadas de levantamiento, supervisión intermedia y entrega final de los trabajos de campo.	\$20,000.00
<b>TOTAL GLOBAL</b>		<b>\$588, 000.00</b>

- **Justificación**

Los gastos de operación del proyecto se basan en la necesidad de cubrir los gastos que personal de apoyo requiera para llevar a cabo los trabajos de campo principalmente. Dado que la condiciones de trabajo en la zona del volcán están sujetas a poca infraestructura comercial, de alimentos y en su caso de hospedaje, se pretende contemplar cualquier gasto que requiera ser solventado para cubrir las necesidades básicas. Esto incluye principalmente víveres, botiquín de primeros auxilios, gastos de



transporte y guía en caminos rurales.

Adicionalmente, se contempla la carga de combustible para cada una de las salidas de trabajo de campo. Combustible que se utiliza en vehículos tipo 4X4, sea camioneta o cuatrimoto. Los traslados de personal y equipo se llevan a cabo en zonas donde los caminos son poco transitados e implica que el rendimiento de los vehículos sea considerablemente menor.

Finalmente, para completar las labores de campo se requieren de insumos que en cantidad unitaria son menores, pero forman parte del proceso de adecuaciones a los sitios de trabajo, incluyendo material provisional para cubrir de intemperie al equipamiento, herramienta sencilla, en su caso ropa adecuada para el personal que trabaja en condiciones de altura y riesgo por actividad volcánica.

**n) Soporte técnico del Proyecto Preventivo: mapas, estadísticas, diagramas, planos, etc.**

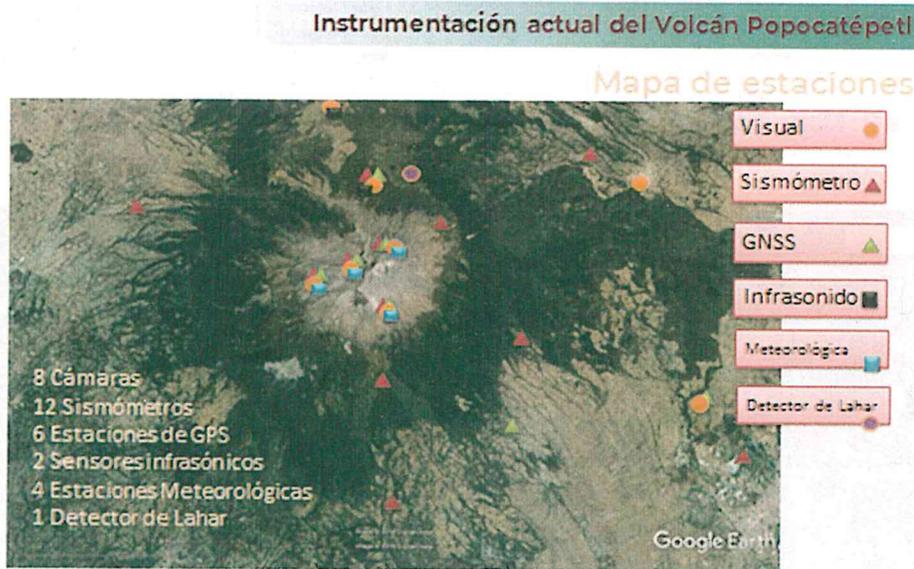


Figura 1. Instrumentación actual del Volcán Popocatepetl

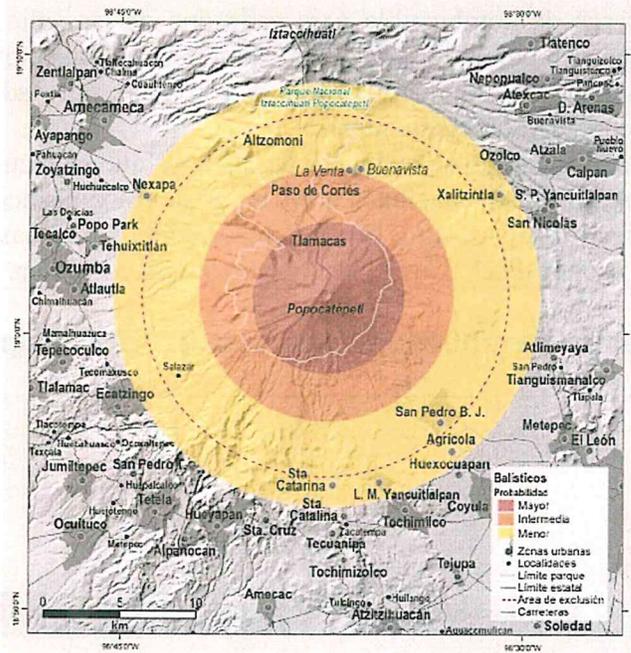


Figura 2. Mapa por caída de Balísticos del volcán Popocatépetl



Figura 3 Radio de 100 km alrededor del volcán. Fuente, Atlas Nacional de Riesgos

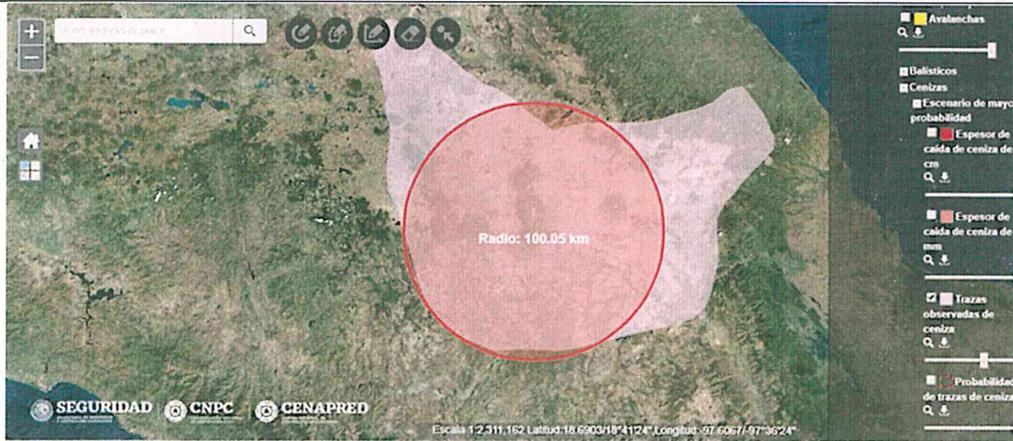


Figura 4 Radio de 100 km alrededor del volcán, en color rosa se muestran las trazas observadas de caída de ceniza. Fuente, Atlas Nacional de Riesgos

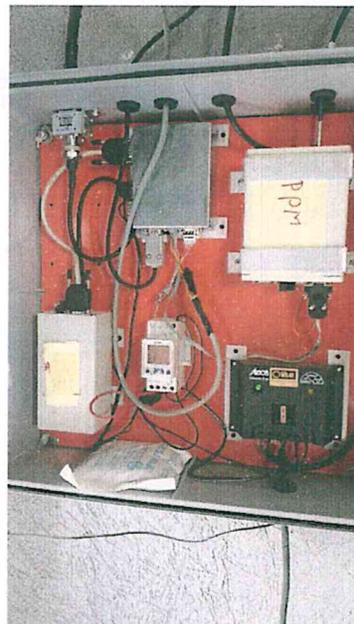
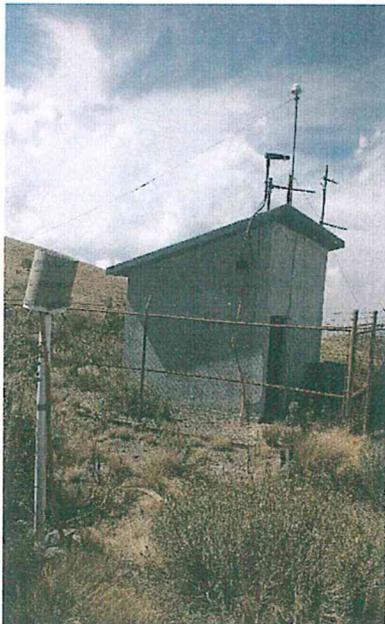


Figura 5. Se muestra la estación y el equipo dentro de la caseta.



Figura 6. Se muestra la estación PPX instalada en sitio y la vista del interior del gabinete con el equipo DOAS.



Figura 7. Se muestra en las imágenes la estación levantada en Juncos, así como el equipo DOAS dentro del gabinete.

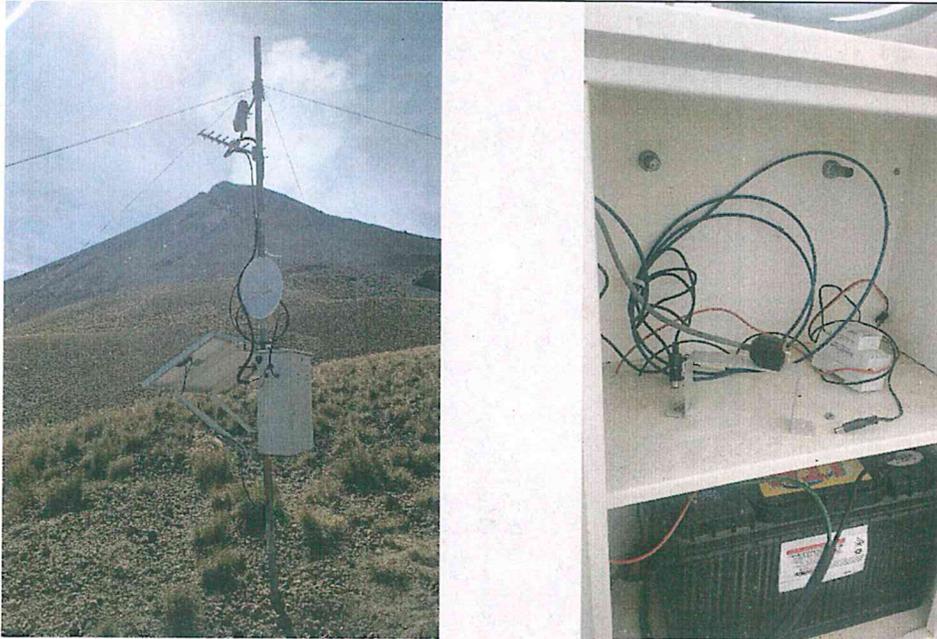


Figura 8. En las imágenes se muestra la estación Golondrinas y el interior del gabinete una vez retirado el equipo.



Figura 9. Muestra el material que se encuentra un sitio cercano donde se ubicará la estación de Cuervos.

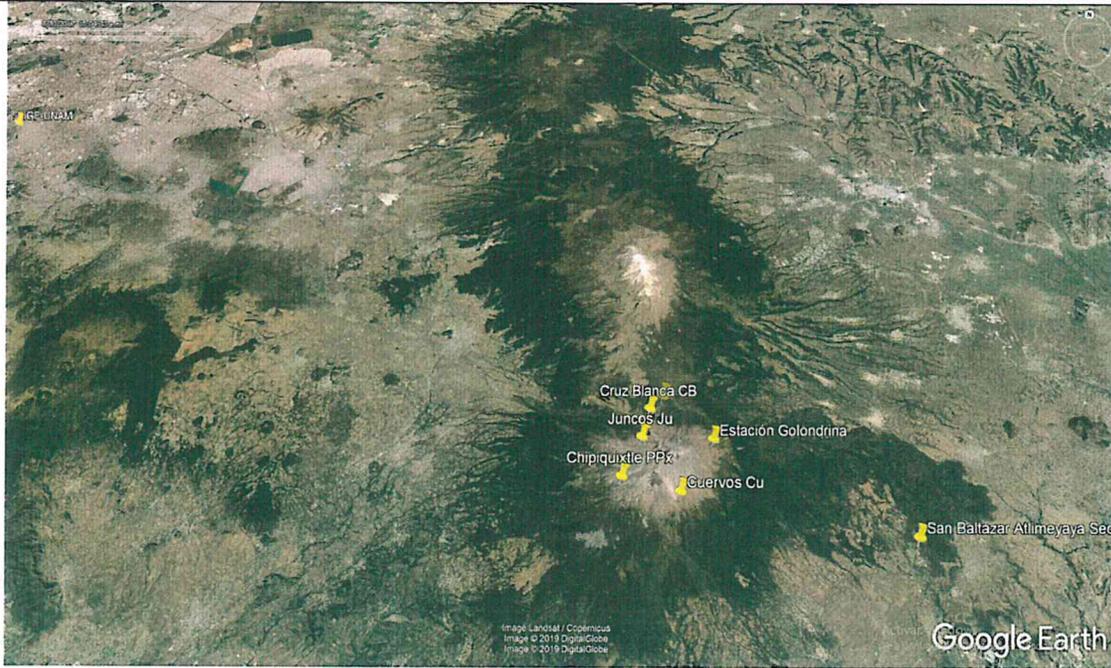


Figura 10. Red completa de comunicación para la red DOAS.

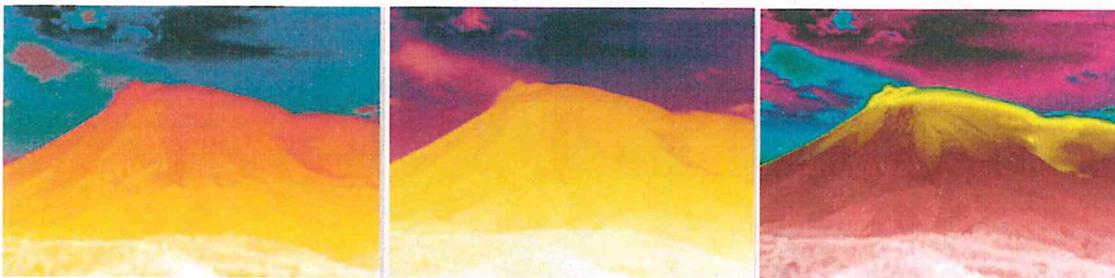


Figura 11. Ejemplos de Imágenes térmicas. \*BCB [www.bcbmex.com](http://www.bcbmex.com)



### Instrumentación actual del Volcán Popocatepetl

### Mapa de estaciones para deformación (GNSS y GPS)

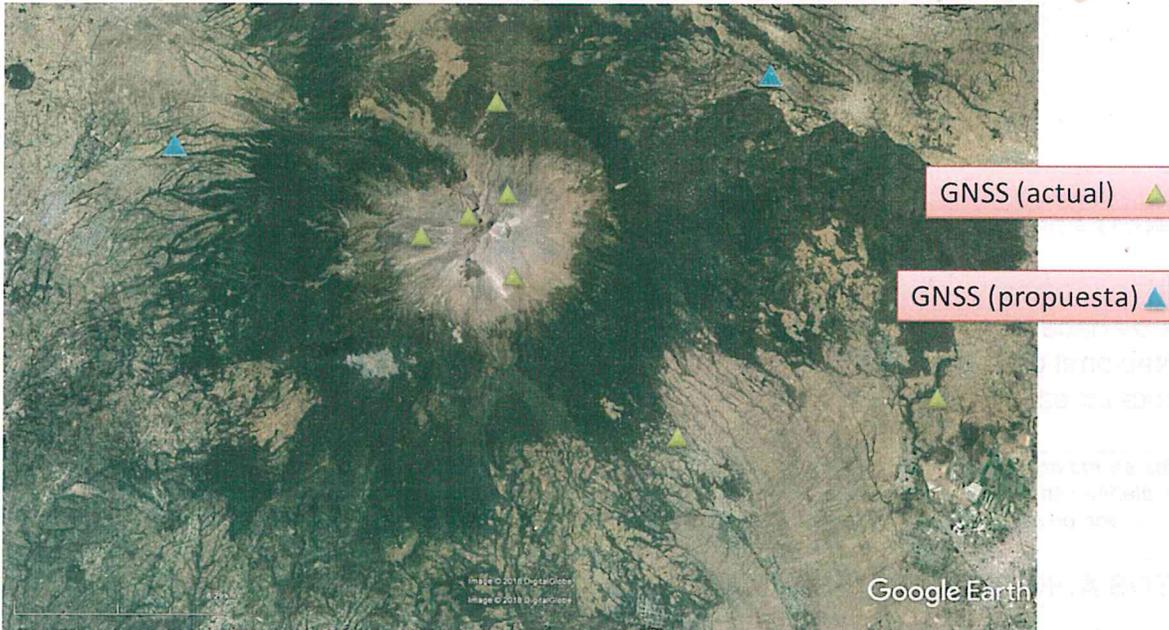


Figura 12. Red de monitoreo Geodésico actual y propuesta de dos sitios nuevos

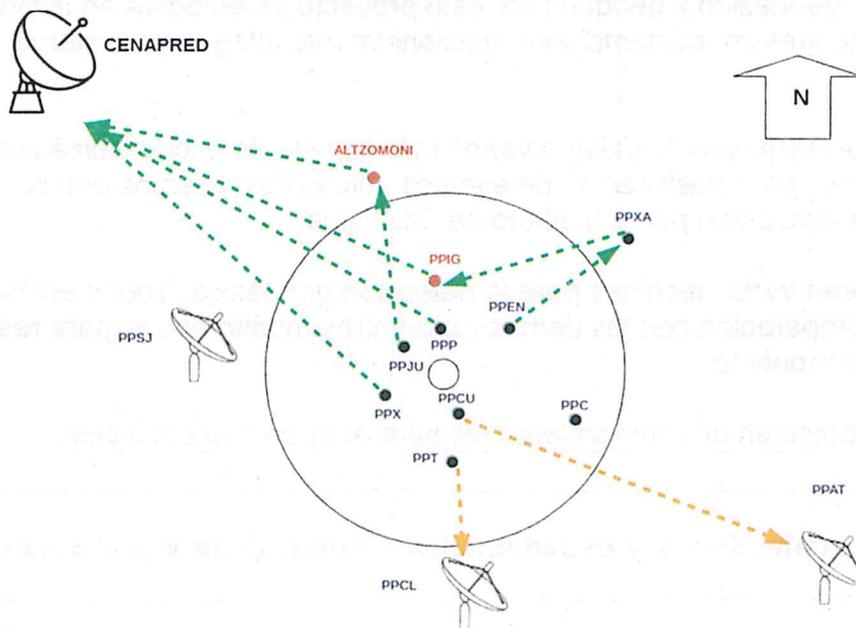




Figura 13. Comunicaciones de las estaciones vía radio y satélite. Las estaciones unidas con flechas indican transmisión de radio d. Flechas verdes indican transmisión directa a CENAPRED y flechas amarillas a una estación que transmite por satélite.

*\*Enlistar esa información y adjuntarla.*

**ñ) Comentarios u observaciones que estime necesarios para apoyar la Solicitud:**

Esta propuesta se hace por recomendación del Comité Científico asesor y por la Coordinación Nacional de Protección Civil para la observación y seguimiento de la actividad del volcán Popocatepetl.

*\* Recursos erogados en materia de prevención por el solicitante; personal e infraestructura comprometidos; vinculación de los instrumentos de planeación territorial (planeación urbana, ordenamiento territorial) con la gestión de los Riesgos en la Entidad Federativa, y grado de transversalidad en la gestión integral del Riesgo, etc.*

**IV. REQUISITOS ADICIONALES PARA EL CASO DE ESTUDIOS**

**a) Metodología a emplearse**

El monitoreo de un volcán activo requiere varias técnicas de medición, como son el monitoreo visual, sísmico, geodésico y geoquímico, este proyecto se enfocara en reforzar el monitoreo geoquímico y geodésico, contemplando adicionalmente integrar un sistema de avisos hacia la población.

Para detectar precursores geoquímicos: Existen varios métodos de detección volcánicos que se usarán para la detección y clasificación de eventos volcánicos, mismos que se complementaran con lo ya estudiado por el Instituto de Geofísica.

Así mismo se implementaran varias técnicas para la detección geodésica. Todos estos métodos requieren una comparación con los demás parámetros monitoreados para realizar una evaluación con mayor prontitud.

Traduciendo todos estos datos en una herramienta útil para el aviso a la población.

**b) Experiencia de las instituciones y dependencias responsables y participantes en el tema**

Actualmente, el Instituto de Geofísica culminó dos proyectos preventivos estratégicos. El

primero, autorizado por el Comité Técnico del Fideicomiso 2068 Preventivo (FIPREDEN), mediante el Acuerdo E.III04, adoptado en la Tercera Sesión Extraordinaria celebrada el 20 de noviembre del 2013 para acceder a los recursos con cargo al Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN) por un monto de \$7,431,162.20 cuyo objeto es la realización de los **“Estudios geológicos y actualización del mapa de peligros del volcán Popocatepetl”**. La utilidad de este mapa es delimitar de mejor manera, las zonas de peligro para que sirva como herramienta en la toma de decisiones relacionadas a la evacuación oportuna, el perfeccionamiento de las rutas de evacuación y de la ubicación preventiva de los albergues temporales, uso óptimo del suelo, entre otras.

El segundo, autorizado por el Comité Técnico del Fideicomiso 2068 Preventivo (FIPREDEN), mediante el Acuerdo E.III.02., adoptado en la Tercera Sesión Extraordinaria celebrada el 20 de noviembre del 2013 para acceder a los recursos con cargo al Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN) por un monto de \$5,102,522.60, cuyo objeto es el **“Desarrollo de herramientas para simulación de procesos volcánicos”**. En este proyecto, se desarrollaron herramientas que permiten procesar la información volcanológica para modelar eventos eruptivos mediante la simulación por computadora de procesos volcánicos y crear mapas de peligro de manera rápida, eficiente y estandarizada.

Asimismo, El CENAPRED en conjunto con la UNAM, a través de los institutos de Geofísica e Ingeniería han trabajado en proyectos previos relacionados con el desarrollo de la Red Sísmica Mexicana (RSM), en sus fases I y 2, mismos que fueron concluidos de manera exitosa. Los fondos para el desarrollo de ambos proyectos estuvieron sustentados en los correspondientes convenios de colaboración celebrados entre ambas instituciones, que derivaron en recursos que fueron asignados a la UNAM por el Gobierno Federal mediante el establecimiento de dos Fideicomisos.

### **c) Descripción de otros estudios relacionados**

El Instituto de Geofísica de la UNAM posee amplia experiencia en el proceso e interpretación de datos sísmológicos de origen volcánico en diferentes países, tales como Italia, Japón, Chile, Ecuador, México. Los investigadores realizan investigación a nivel tanto nacional como internacional de alto impacto para la comunidad científica. Cuenta con amplia experiencia en el desarrollo, operación y mantenimiento de redes de estaciones GPS de alta precisión, así como la solución e interpretación de sus datos siguiendo los mejores estándares a nivel internacional. La infraestructura GPS que opera es la de mayor número y densidad de cobertura en nuestro país.

### **d) Carta compromiso de los investigadores o instituciones que participan en el Proyecto Preventivo**

En anexo

*\*En su caso, enlistar esa información y adjuntar las cartas compromiso.*



- e) En caso de estudios para la reubicación de vivienda en zona de alto Riesgo, se deberá incluir un estudio detallado sobre los Riesgos que se presentan en la zona donde se ubiquen los predios propuestos para ese propósito

NO APLICA

**V. REQUISITOS ADICIONALES PARA ATLAS DE PELIGROS Y RIESGOS**

- a) Carta compromiso para apegarse a los Términos de Referencia y Guías de Contenido Mínimo, así como a las Metodologías elaboradas por CENAPRED para la elaboración de los Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos.

NO APLICA

- b) La propuesta de elaboración de Atlas de Peligros y Riesgos y sus correspondientes metodologías

NO APLICA

- c) En caso de plantear alguna metodología alternativa, o que las metodologías del CENAPRED no cubran algún Fenómeno en particular, se deberá especificar la metodología propuesta para la evaluación del Peligro, la Vulnerabilidad y el Riesgo

NO APLICA

- d) Carta compromiso de la autoridad competente, estatal o municipal, para que el Atlas financiado por el FOPREDEN sea de observancia obligatoria en los planes de desarrollo y en los programas sectoriales de desarrollo urbano y ordenamiento territorial

NO APLICA

- e) Carta compromiso para que toda la información impresa y digital de los Atlas resultantes sea entregada al CENAPRED para su integración al Atlas Nacional de Riesgos

NO APLICA

**VI. REQUISITOS ADICIONALES PARA PROYECTOS QUE INCLUYAN OBRAS**

- a) Proyecto Ejecutivo (previamente realizado, cuyo costo no será cubierto por este fondo)

NO APLICA

- b) Permisos y autorizaciones correspondientes por parte de las autoridades federales, estatales y locales; o en su caso, las cartas compromiso de realizar ese trámite, mismos que deberán ser formalizados y presentados ante la Coordinación Nacional previo al ejercicio del recurso

NO APLICA



- c) Tratándose de obras en cauces federales, se deberá entregar el permiso y aprobación de la Comisión Nacional del Agua y la autorización en materia de impacto ambiental o la exención de la misma; o, en su caso, la carta compromiso de realizar esos trámites, y formalizarlos y presentarlos ante la Coordinación Nacional previo al ejercicio del recurso

NO APLICA

- d) Carta compromiso del solicitante para asegurar y dar debido mantenimiento a las obras a realizar

NO APLICA

- e) Carta compromiso para que las acciones que se realicen eviten la generación de nuevos asentamientos humanos en zonas de alto Riesgo aledañas a la obra

NO APLICA

**VII. REQUISITOS ADICIONALES PARA PROYECTOS PREVENTIVOS QUE INCLUYAN INVERSIÓN O ADQUISICIÓN DE BIENES Y/O SERVICIOS**

- a) Presupuesto desglosado de los bienes y/o servicios por adquirir.

Concepto	Cantidad	Costo Total
<b>Reforzamiento al monitoreo geoquímico</b>	1	\$3,500,000.00
Transmisión de cinco estaciones de monitoreo de gases volcánicos y adquisición de equipo de especializado (FTIR)		
<b>Reforzamiento al monitoreo geodésico</b>	1	\$1,300,000.00
Instalación de dos estaciones GNSS para deformación y adquisición de una estación para mediciones móviles		
<b>Reforzamiento monitoreo visual</b>	1	\$2,200,000.00
Operación de una cámara térmica para seguimiento a anomalías y emisiones volcánicas		
<b>Reforzamiento a las comunicaciones</b>	1	\$1,200,000.00
Nuevos enlaces directos de comunicaciones y continuidad del servicio de comunicaciones satelitales		
<b>Sistema de Aviso por actividad del volcán</b>	1	\$11,400,000.00



Implementación de un sistema de avisos por actividad volcánica en localidades del volcán Popocatepetl y Actualización de Adquisidores y digitalizadores		
<b>Gastos de Operación y supervisión</b>	1	\$ 588,000.00
Gastos de operación del proyecto para cubrir las necesidades del personal a cargo de la supervisión de los trabajos de campo.		
<b>Total</b>		\$20,188,000.00

**b) Justificación en función de los objetivos y metas del Proyecto Preventivo**

El proyecto se centra en el fortalecimiento de la red de monitoreo geoquímico y geodésico a través de la modernización de los equipos actualmente instalados y de la instalación de nuevas estaciones con capacidad de transmisión redundante (cuando sea posible) de sus datos en tiempo real.

Se plantea modernizar y complementar la red que actualmente opera en el volcán Popocatepetl, densificando su número de estaciones y mejorando su capacidad de detección aunadas a un sistema de telecomunicación robusto.

Ya que, estos parámetros importantes del monitoreo de volcanes, son los que preceden a un evento eruptivo. En numerosas localidades volcánicas del mundo, se han registrado diversa actividad sísmica muy particular antes de cada erupción como en los volcanes: Etna, Stromboli, Hills Mountain, White Island, Tungurahua, y últimamente el Volcán de Fuego en Colima, entre otros. Estos modelos de actividad, no se pueden aplicar para otro volcán, por lo que es necesario realizar modificaciones para el caso especial del Popocatepetl. De igual manera, estos patrones pueden cambiar para un mismo volcán. Por eso es importante detectar y procesar los datos en tiempo real para poder interpretar los diferentes patrones de esta actividad. Por ejemplo, se han detectado en muchos lugares que la presencia de tremores volcánicos puede preceder a una erupción.

Las metas serán:

- Fortalecer el monitoreo geodésico
- Modernizar los equipos de comunicación y
- Contar con monitoreo de gases en tiempo real
- Contar con un equipamiento de alertamiento en la zona más vulnerable.

\* Justificar los bienes e infraestructura a adquirir en función de los objetivos del Proyecto Preventivo



**c) Cotización de los bienes y/o servicios por adquirir en anexo.**

Concepto	Descripción	Costo
Sensor de señales Infrarrojas	El instrumento se ocupara para medición de gases volcánicos por medio de sensores de señales infrarrojas, ocupa la radiación reflejada del gas emitido por el volcán y a través de una algoritmo de Transformada de Fourier puede cuantificar la concentración.	
<b>TOTAL</b>		

Concepto	Descripción	Costo
Estación GNSS	Este instrumento se implementa para medir deformaciones de superficies del volcán para determinar procesos geodésicos como las inflaciones por ascenso y acumulación de magma, deflaciones por expulsión de material o por cambio de esfuerzos en la estructura.	
<b>TOTAL</b>		

Concepto	Descripción	Costo
Distanciómetro Digital	Este instrumento utiliza un haz de luz LASER para medir los cambios de posición de referencias establecidas sobre determinados objetos. Esto aplica para mediciones geodésicas del volcán.	
<b>TOTAL</b>		

Concepto	Descripción	Costo
Cámara Térmica	Este equipo, permite observar y determinar las anomalías térmicas de las emisiones de gas, del material magmático o de la superficie de la estructura volcánica. Cuenta con propiedades para determinar un rango de temperatura amplio y coadyuva a las observaciones de la actividad volcánica.	
<b>TOTAL</b>		

Concepto	Descripción	Costo
Radio de comunicación digital	Estos equipos permiten la transmisión de los datos de los distintos instrumentos, cuentan con un ancho de banda suficiente, compatibilidad con a las interfaces de comunicación usadas y	



	durabilidad en ambientes extremos de operación.	
<b>TOTAL</b>		

Concepto	Descripción	Costo
Sistema de avisos	El sistema está compuesto de una estación transmisora de Radio Frecuencia, y una serie de equipos receptores con altavoces y displays que permiten recibir y sonorizar los avisos por determinados eventos (volcánicos)	
<b>TOTAL</b>		

Concepto	Descripción	Costo
Servicio de Comunicación Satelital	Este servicio permite dar continuidad a la transmisión y recepción de señales sísmicas, geodésicas y de meteorología del volcán, utilizando frecuencias de subida y bajada de cuerdo a los equipos operando en el volcán.	
<b>TOTAL</b>		

Concepto	Descripción	Costo
Licencias de actualización de programas de adquisición	Las licencias son para extender las capacidades de operación y almacenamiento de los programas que reciben y procesan los datos de las estaciones sísmicas y geodésicas del volcán. Mismos que permiten también el intercambio de datos con otras instituciones.	
<b>TOTAL</b>		

**VIII. REQUISITOS ADICIONALES PARA PROYECTOS PREVENTIVOS QUE INCLUYAN CAPACITACIÓN. CURSOS, PROGRAMAS EDUCATIVOS, FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS**

- a) Carta compromiso para que los cursos que impartan u organicen de manera directa o en coordinación con otras instancias se apeguen a los contenidos en el “Esquema General de Capacitación y Formación en Materia de Protección Civil y Prevención de Desastres”, que para tal efecto emita el CENAPRED, y

<b>NO APLICA</b>
------------------

*\*Señalarlo en el espacio y adjuntar las carta(s) compromiso(s).*

- b) En caso de que la Capacitación manifieste la intención de conformar temas no contemplados en el Esquema General al que se refiere el apartado anterior, deberá obtener la aprobación del CENAPRED.



**NO APLICA**

\*Señalarlo en el espacio y adjuntar los oficio(s).

### IX. REQUISITOS ADICIONALES PARA PROYECTOS PREVENTIVOS DE DIFUSIÓN Y FOMENTO A LA CULTURA

*\*Campañas, contenidos, programas de comunicación social y proyectos relacionados con el fomento a la cultura de la prevención*

#### a) Datos Generales

- Nombre del instrumento de difusión/comunicación  

**NO APLICA**
- Tema específico  

**NO APLICA**
- Objetivo de la comunicación  

**NO APLICA**
- Cobertura geográfica  

**NO APLICA**
- Población objetivo primaria y, en su caso, población objetivo secundaria  

**NO APLICA**
- Vigencia del instrumento  

**NO APLICA**

#### b) Medios

- Plan de medios  

**NO APLICA**
- Tipos de medios a utilizar  

**NO APLICA**

  
*\*Especificar: electrónicos, impresos o medios complementarios*
- Co-emisores  

**NO APLICA**

#### c) Difusión

- Pautado de transmisión o estrategia para la difusión de materiales.  

**NO APLICA**
- Tiempos fiscales o del estado, tiempos comerciales, uso de medios públicos, otros  

**NO APLICA**

  
*\*Especificar*
- Estudios de pertinencia y efectividad previos a la difusión  

**NO APLICA**
- Estudios de pertinencia y efectividad posteriores a la difusión  

**NO APLICA**

#### d) Presupuesto

**NO APLICA**



**e) Lineamientos para la Administración Pública Federal**

NO APLICA

**f) Documentación y uso de contenidos**

NO APLICA

**X. REQUISITOS Y CONSIDERACIONES ADICIONALES PARA SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA Y SISTEMAS DE MONITOREO**

- a) Carta compromiso para compartir la información generada en tiempo real con la dependencia oficial con atribuciones en la materia, incluyendo los mecanismos que se usarán para su cumplimiento.

Se anexa carta

*\* Carta con copia a la dependencia en cuestión. Describir mecanismos en el espacio y adjuntar la carta.*

- b) Deberá incluir un mapa georeferenciado con la ubicación de la infraestructura de medición existente y la propuesta en el Proyecto Preventivo, de tal manera que sean complementarias.

[Empty rectangular box for map attachment]

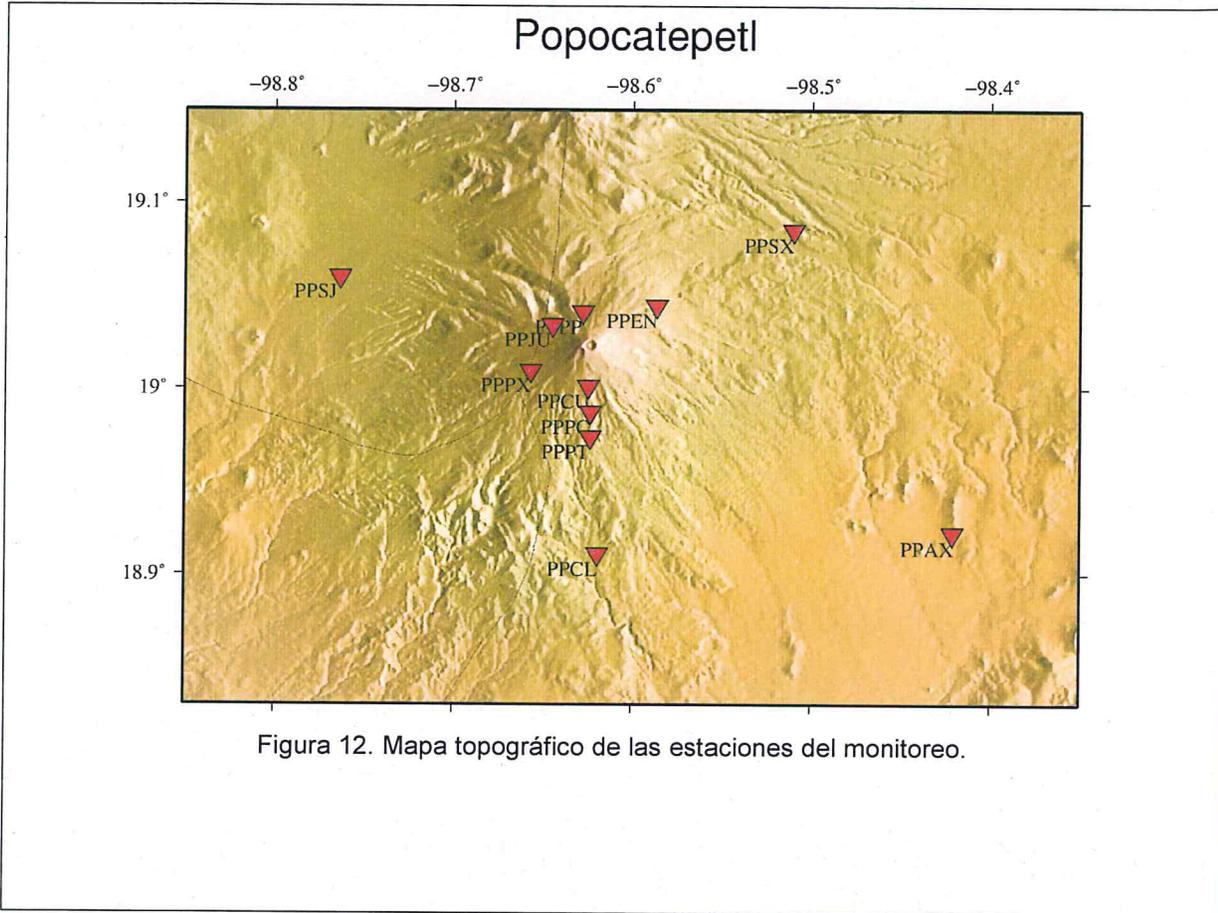


Figura 12. Mapa topográfico de las estaciones del monitoreo.

\* Describir el mapa en el espacio y anexar documento

c) Deberá considerar criterios que garanticen la equidad de género, necesidades a personas con capacidades diferentes, población indígena, aspectos culturales, etc.;

NO APLICA

d) Las propuestas de sistemas de alertamiento temprano deberán apearse a los lineamientos que establezca el CENAPRED. Considerando:

- El conocimiento previo del riesgo para el cual se hará el alertamiento.

NO APLICA

- Los equipos de medición, transmisión, adquisición y procesamiento de la información, así como los equipos o sistemas para difundir los alertamientos.

NO APLICA

- Los mecanismos de difusión y comunicación.

NO APLICA

- Las acciones y procedimientos para obtener una respuesta adecuada ante los alertamientos.

NO APLICA

